EPIFYTISCHE MACROLICHENEN

VAN HET BRUSSELS HOOFDSTEDELIJK GEWEST



Bert Vanholen

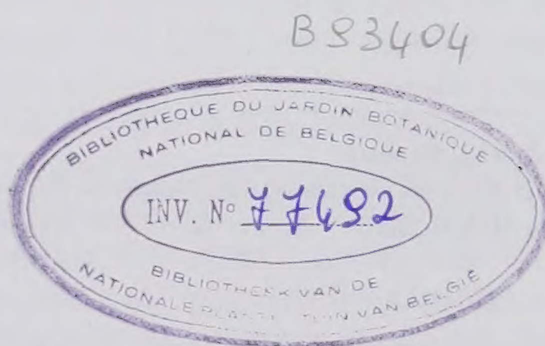
Scripta Botanica Belgica **26**

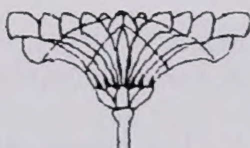
Kaft:
Lichenologische associatie met *Evernia prunastri*, *Physcia tenella*, *Hypogymnia physodes*, *Parmelia sulcata*, *Flavoparmelia caperata* en *Melanelia subaurifera* op *Salix alba* te Neder-over-Heembeek, Brussel, 2000 (foto B. Vanholen).

B. Vanholen

Epifytische macrolichenen van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest

Anno 2000





Meise
Nationale Plantentuin van België

Scripta Botanica Belgica
Documentatie
uitgegeven door de Nationale Plantentuin van België
Uitgever van de reeks: E. Robbrecht
Bijzonder uitgever van deel 26: C.M. van Herk

Aflevering 26
Bert Vanholen
Epifytische macrolichenen van het
Brussels Hoofdstedelijk Gewest — Anno 2000

CIP Koninklijke Bibliotheek Albert I, Brussel
Epifytische macrolichenen van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest – Anno 2000. Bert Vanholen. Meise, Nationale Plantentuin van België, 2003. 60 p.; ill.; 17,5 × 25 cm. (Scripta Botanica Belgica, Afl. 26).
ISBN 90-72619-56-0
ISSN 0779-2387
D/2003/0325/3

Kaft: Lichenologische associatie met *Evernia prunastri*, *Physcia tenella*, *Hypogymnia physodes*, *Parmelia sulcata*, *Flavoparmelia caperata* en *Melanelia subaurifera* op *Salix alba* te Neder-over-Heembeek, Brussel, 2000 (foto B. Vanholen).

Adres van de auteur
Bert Vanholen, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, AMINAL Afdeling Natuur, Taxandriagebouw, Gouverneur Roppesingel 25, 3500 Hasselt (België), bert.vanholen@lin.vlaanderen.be.

Gedrukt in België door Universa, Wetteren

Samenvattingen

Samenvatting

In het voorjaar van 2000 werd het Brussels Hoofdstedelijk Gewest geïnventariseerd met betrekking tot de epifytische macrolichenen. 470 125m-hokken werden bezocht. In 263 hokken werd een streeplijst gebruikt, in 83 gevallen een lijstje. Honderd hokken bevatten geen forofyten en 24 hokken waren niet toegankelijk. Van een aantal soorten werd de thallusdiameter opgemeten.

In totaal werden 4.345 waarnemingen verzameld. Het totaal aantal soorten bedraagt 32. Het aantal waarnemingen per soort wordt gegeven en het aantal keren dat de soort steriel, isidieus, soredieus, met podetia of met apothecia werd aangetroffen. Meest voorkomende soort is *Physcia tenella* met 742 waarnemingen. *Hypocenomyce scalaris*, *Pseudevernia furfuracea* en *Xanthoria calcicola* werden slechts éénmaal aangetroffen. Op basis van literatuuronderzoek werd een vergelijking gemaakt van de verspreiding van de soort met die in het Brabants district en de Rode Lijst-categorie van Nederland. De verspreiding van de soorten variëert van zeer algemeen tot uiterst zeldzaam. Alle soorten zijn thans niet bedreigd, met uitzondering van *Parmelia tiliacea* en *Platismatie glauca*. Deze soorten zijn kwetsbaar. Per soort werd een verspreidingskaart per 1km-hok opgemaakt. Voor een aantal soorten werd de gemiddelde diameter van alle thalli per 1km-hok berekend, evenals het aantal soorten per 1km-hok. Het gemiddeld aantal soorten per 1km-hok bedraagt 9,4. De waarnemingen werden gedaan op 33 forofytsoorten.

Op basis van de soortensamenstelling van de 1km-hokken werd een TWINSPAN-analyse uitgevoerd. Hiervoor werden enkel de waarnemingen op de stam van *Salix sp.* en *Tilia sp.* gebruikt. Dit leidde tot een classificatie in vijf groepen. Voor de chemische meetpunten waarvan gegevens beschikbaar zijn, werd een jaargemiddelde berekend voor de concentraties van SO_2, NO, NO_2, O_3, CO en CO_2 op basis van de laatste zes maanden van 1999 en de eerste zes maanden van 2000. Het gebruik van de gegevens is echter ongeschikt voor het achterhalen van correlaties tussen de verspreiding van lichenen en luchtverontreiniging. Er was namelijk een niet-realistische variatie tussen de gemeten waarden. Daarom werd een DCA-analyse uitgevoerd met alle waarnemingen, verzameld in 125m-hokken die met een streeplijst werden geïnventariseerd. Enkel waarnemingen op de stam in combinatie met bomen met een omtrek groter dan 100 cm kwamen hiervoor in aanmerking. Uit deze analyse valt een ecologische gradiënt af te leiden van basische, stoffige en aangerijkte standplaatsen met stikstof naar zure, niet stoffige standplaatsen, weinig invloed van stikstof. Tevens werd een relatie aangetoond met de natuurlijke schorseigenschappen: van mineralenrijk naar voedselarm. Deze schorseigenschappen komen echter enkel tot uiting in de basische, aangerijkte omstandigheden. Uit deze resultaten komt duidelijk naar voren dat SO_2, evenals andere luchtpolluenten, niet langer de enige bepalende factor is voor de verspreiding van de licheenflora in Brussel. Eigenschappen als voedselrijkdom en natuurlijke schorseigenschappen zijn anno 2000 bepalender voor het voorkomen van de lichenologische soortensamenstelling. Tot op heden is er geen sluitende verklaring voor deze tendenzen. De resultaten van de analyse werden vergeleken met andere urbane gebieden in Europa: Bonn, Londen en het Ruhrgebied. Hier werden eveneens effecten aangetroffen van een toenemende eutrofiëring van het suburbane gebied naar de stadscentra toe.

Abstract

In the spring of 2000, a survey of the marcolichenological epiphytes of the Brussels Capital Region was conducted. 470 125m squares were visited. In 263 squares an inventory list was used, in 83 squares a small list. In one hundred squares no phorophytes were present, 24 squares were not accessible. For some species the thallus diameter was measured systematically.

In total 4.345 observations were gathered. 32 species were observed during the survey. The total number of observations of each species is given as well as the number of times the species was observed in sterile conditions, with isidia, soredia, podetia or apothecia. Most common species is *Physcia tenella* with 742 observations. *Hypocenomyce scalaris, Pseudevernia furfuracea* and *Xanthoria calcicola* were found only once. The species spread varies between very general and very rare on the basis of a literature comparison of the Brabantine district and the Red List of the Netherlands. All species buth two are not threatened, the threatened species being *Parmelia tiliacea* en *Platismatia glauca*. These are vulnerable. A distribution map, divided in 1km squares, was made for each species. For some species the mean diameter of all thalli was calculated for each 1 km square as well as the total number of species for each square. The mean number of species for these 1km squares is 9.4. The observations were made on 33 phorophyte species.

A TWINSPAN analysis was conducted using the 1km squares species composition. Only the observations on the trunk of *Salix sp.* and *Tilia sp.* were used. The analysis resulted in a classification into five groups. The mean concentrations on a yearly basis for SO_2, NO, NO_2, O_3, CO and CO_2, based on the measurements of the last six months of 1999 and the first six months of 2000, were calculated. These data are not suitable for detecting correlations between the distribution of lichens and air pollution because of the non realistic variations between the geographically measured values. Therefor a DCA analysis was conducted with all observations gathered with an inventory list. Only observations on the trunk in combination with a tree girth larger than 100 cm were included. An ecological gradient from alkaline, dusty and eutrophic with important influence of nitrogen to acid, non dusty stations with small influence of nitrogen was determined. At the same time a relation with natural bark properties was found: from mineral rich to oligotrophic. These bark properties are only expressed under alkaline, eutrophic circumstances. These results show that SO_2, as well as other air pollutants, are no longer the only explanatory factor for the distribution of the lichen flora in Brussels. Properties such as eutrophication levels and natural bark properties are at present determining factors as well. For the moment, there is no conclusive explanation for these trends. The results of the analysis were compared with other urban regions in Europe: Bonn, London and the Ruhr area. Similar effects of increasing eutrophication were encountered on a gradient from suburban areas to the centre of the cities.

Résumé

Au printemps 2000, les macro-lichens épiphytes ont fait l'objet d'un inventaire en Région de Bruxelles-Capitale. 470 carrés de 125m ont ainsi été visités. Dans 263 d'entre eux, une liste à cocher a été utilisée et dans 83 cas, une liste simplifiée. Cent carrés de 125m ne contenaient pas de phorophytes et 24 carrés de 125 m n'étaient pas accessibles. Pour certaines espèces, le diamètre du thalle a été mesuré.

Au total, 4.345 observations ont été rassemblées. Le nombre total d'espèces est de 32. Le nombre d'observations par espèce est indiqué, ainsi que le nombre de fois où l'on a constaté que l'espèce était stérile, isidiée, sorédiée, avec podétion ou apothécie. L'espèce la plus fréquente est *Physcia tenella*, avec 742 observations. *Hypocenomyce scalaris*, *Pseudevernia furfuracea* et *Xanthoria calcicola* n'ont été rencontrés qu'une seule fois. Se basant sur une étude de la littérature, la distribution des différentes espèces a été comparée à leur distribution en district brabançon et à la catégorie de la Liste rouge aux Pays-Bas. La fréquence des espèces varie de très commune à extrêmement rare. Pour l'heure, aucune espèce n'est menacée, à l'exception de *Parmelia tiliacea* et de *Platismatia glauca*. Ces espèces sont vulnérables. Pour chaque espèce, une carte de distribution en Région de Bruxelles-Capitale a été établie, divisée en carrés de $1km^2$. Pour certaines espèces, le diamètre moyen de tous les thalles a été calculé par km^2, ainsi que le nombre d'espèces par km^2. Le nombre moyen d'espèces par km^2 s'élève à 9,4. Les observations ont porté sur 33 espèces de phorophytes.

En fonction de la présence des espèces dans les carrés de 1km, une analyse TWINSPAN a été effectuée sur la base des observations sur troncs de *Salix sp.* et de *Tilia sp.* Cela a donné lieu à une classification en cinq groupes. Pour les points de mesures chimiques dont les données étaient disponibles, une moyenne annuelle a été calculée pour les concentrations de SO_2, NO, NO_2, O_3, CO et CO_2, sur base des six derniers mois de 1999 et des six premiers mois de 2000. Les données sont toutefois inappropriées pour établir des corrélations avec la présence de lichens. Il y avait en effet une trop grande variation entre les valeurs mesurées. Par ailleurs, une analyse DCA a été réalisée avec toutes les observations de 2000, rassemblées dans des carrés de 125m et inventoriées avec une liste à cocher. Seules les observations sur le tronc et sur des arbres d'une circonférence supérieure à 100 cm ont été prises en compte. Cette analyse permet de déduire un gradient écologique allant des emplacements calcaires, poussiéreux et enrichis en azote aux emplacements acides, non poussiéreux, avec peu d'influence de l'azote. Par ailleurs, l'existence d'une relation avec les propriétés naturelles de l'écorce a été démontrée: de riche en minéraux à peu nutritif. Ces propriétés de l'écorce ne s'expriment toutefois que dans des conditions basiques, enrichies. Il ressort clairement de ces résultats que le SO_2, ainsi que d'autres polluants atmosphériques, ne sont plus les seuls facteurs déterminants de la distribution des lichens à Bruxelles. En 2000, telles que la richesse nutritive et les propriétés naturelles de l'écorce sont les propriétés les plus déterminantes pour la présence d'espèces de lichens. A ce jour, il n'y a aucune explication satisfaisante à ces tendances. Les résultats de l'analyse ont été comparés à d'autres zones urbaines d'Europe: Bonn, Londres et la région de la Ruhr. On y a également enregistré les effets d'une eutrophisation croissante des zones suburbaines aux centres-villes.

Dankwoord

Bij het beëindigen van deze studie gaat speciale dank uit naar Machteld Gryseels van het Brussels Instituut voor Milieubeheer voor het financiëel en organisatorisch mogelijk maken van deze studie, naar Jan Rammeloo van de Nationale Plantentuin van België voor de studie-opvolging en het ter beschikking stellen van de infrastructuur van de Plantentuin, naar Kok van Herk van het Adviesbureau voor Korstmosonderzoek voor de inhoudelijke begeleiding van deze publicatie en naar Peter Vanderstraeten van het Brussels Instituut voor Milieubeheer voor het ter beschikking stellen van de metingen van de luchtkwaliteit van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest.

Inhoud

INLEIDING ... 9
STUDIEGEBIED ... 11
2.1 Algemeen ... 11
2.2 Landschappen ... 11
2.3 Biologische waarde ... 12
ECOLOGIE VAN DE EPIFYTISCHE MACROLICHENEN ... 13
3.1 Definitie ... 13
3.2 Habitatfactoren ... 13
3.3 Forofyten ... 13
3.4 Invloed van de stad op de epifyt ... 14
3.5 Lichenen als indicatoren van luchtkwaliteit ... 14
3.5.1 Indicatoren ... 14
3.5.2 Lichenen in nood ... 15
3.5.3 Lichenen er weer bovenop ... 15
METHODE ... 17
4.1 Verzamelen van de gegevens ... 17
4.1.1 Nomenclatuur ... 17
4.1.2 Selectie van te inventariseren plaatsen ... 17
4.1.3 Inventarisatiemethoden ... 18
4.1.4 Database 'LichenBIM' ... 19
4.2 Verwerken van de gegevens ... 19
4.2.1 Bezochte 125m-hokken ... 19
4.2.2 Autecologie ... 19
4.2.3 Synecologie ... 20
RESULTATEN EN DISCUSSIE ... 21
5.1 Algemeen ... 21
5.1.1 Totaal aantal waarnemingen en soorten ... 21
5.1.2 Bezochte 125m-hokken ... 21
5.2 Autecologie ... 21
5.2.1 Gemiddelde diameter per soort ... 21
5.2.2 Aantal waarnemingen per soort en fertiliteit/steriliteit ... 21
5.2.3 Ruimere verspreiding en Rode Lijst-categorie ... 22
5.2.4 Verspreidingskaarten ... 23
5.3 Synecologie ... 23
5.3.1 Aantal soorten per 1km-hok ... 23
5.3.2 Soorten per forofytsoort ... 25
5.3.3 Soortensamenstelling per 1km-hok ... 26
5.3.4 Correlatie met ecologische factoren ... 31
5.4 Vergelijking met andere urbane gebieden ... 36
5.4.1 Bonn ... 36
5.4.2 Londen ... 37
5.4.3 Ruhrgebied ... 37
BIBLIOGRAFIE ... 39
VERSPREIDINGSKAARTEN ... 43

1

Inleiding

Brussel was lange tijd een lichenologische woestijn, gekenmerkt door korstvormige soorten met een aanzienlijke tolerantie voor luchtverontreiniging (Tanghe & al. 1996). Deze stelling werd bevestigd door publicaties van Kirkpatrick (1976) en Sansen & Deronde (1990). Sinds 1970 echter wordt een voortdurende verbetering van de luchtkwaliteit in de omgeving van Brussel vastgesteld (Vanderpoorten 1995). Tanghe & al. (1996) stelden in 1995 bij de inventarisatie van verschillende groene ruimten een aanzienlijke verbetering van de licheenflora vast. De ontdekking van *Usnea subfloridana* in het Terkamerenbos (Vanholen 2000), een soort bekend als gevoelig ten aanzien van luchtverontreiniging en niet gevonden gedurende de inventarisatie van Tanghe & al., liet vermoeden dat de licheenflora verder verbeterde tussen 1995 en heden. Op basis van deze vaststellingen werd op vraag van het Brussels Instituut voor Milieubeheer een inventaris uitgewerkt door de Nationale Plantentuin van België, met als doel een gebiedsdekkend beeld van de verspreiding van de epifytische macrolichenen te bekomen. Deze studie maakt deel uit van de studieconventie BIM nr. 173 en kadert in het informatienetwerk met betrekking tot de fauna en flora in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest, gericht op het onderzoek van de biodiversiteit en de staat van het leefmilieu door bio-indicatoren.

2

Studiegebied

2.1 Algemeen

Het studiegebied beslaat de 16.240 ha van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest (Brussels Instituut voor Milieubeheer 1997). Deze regio bevat 19 gemeenten (fig. 1). De geologie, hydrologie en geschiedenis van het studiegebied worden besproken in Vanderpoorten (1997).



Figuur 1. De 19 gemeenten van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest: Br = Brussel, E = Etterbeek, JN = St.-Joost-ten-Node, K = Koekelberg, St.-G = St.-Gillis.
Figure 1. The 19 communes of the Brussels Capital Region.

2.2 Landschappen

Het Brussels Hoofdstedelijk Gewest wordt getypeerd door vier verschillende landschapstypen. Het centrale deel van het gewest is hoofdzakelijk bebouwd en de groene ruimten zijn er schaars. De aanwezige zijn echter relatief groot: Park van Brussel, Josaphat, Eeuwfeestpark en Kruidtuin. Delen van Brussel bevatten relicten van agrarische activiteiten. Voorbeelden hiervan zijn terug te vinden te Zavelenberg en in het westelijke deel van Anderlecht. Verder zijn er landschappen, kenmerkend voor de omgeving van het

Zoniënwoud, eerder gesloten en met relatief lage bouwdichtheden. Groene ruimten zoals Dudenpark, Ter Bronnen en Sauvagère zijn restanten van dit Zoniënwoud. Het ontstaan van Brussel als een eiland in de Zenne tenslotte is waar te nemen in een laatste type landschap, namelijk de vochtige plaatsen als overblijfselen van de moerassen die Brussel in vroegere tijden omringden (Brussels Instituut voor Milieubeheer 1997).

2.3 Biologische waarde

De groene ruimten nemen in Brussel 8.560 ha in beslag. Dit is ongeveer 53 % van het totale oppervlak. 20 % van deze groene oppervlakte is bos, 12 % openbare parken en tuinen. De hoeveelheid en de oppervlakte van de groene ruimten neemt sterk af van de rand naar het centrum van de stad (Brussels Instituut voor Milieubeheer 1997).

De groene ruimten van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest werden gekarteerd naar aanleiding van de Biologische Waarderingskaart, kaartbladen 31 – 39 (Brichau et al. 2000). Van de volledige oppervlakte van het gewest is 1.931 ha zeer waardevol, 404 ha waardevol met zeer waardevolle elementen, 815 ha waardevol, 2.454 ha minder waardevol met zeer waardevolle elementen, 190 ha minder waardevol met waardevolle en zeer waardevolle elementen en 806 ha minder waardevol met waardevolle elementen. De overige oppervlakte kreeg de waardering minder waardevol.

3

Ecologie van de epifytische macrolichenen

3.1 Definitie

Een epifyt is een organisme dat leeft op een plant of in de dode buitenste weefsels van een plant, zonder water of voedsel te onttrekken aan de levende weefsels van deze plant. De gastheer wordt forofyt genoemd (Barkman 1958).

Het onderwerp van deze studie beperkt zich tot de epifytische macrolichenen. De macrolichenen worden gekenmerkt door baard-, struik- of bladvormige structuren. Ook placodioide lichenen behoren tot de macrolichenen. Voor de preciese systematische begrenzing van de macrolichenen wordt verwezen naar Purvis & al. (1992).

3.2 Habitatfactoren

Het voorkomen van een epifytisch licheen is afhankelijk van de directe habitatfactoren, heersend op de standplaats. Deze factoren kunnen zowel fysisch als chemisch van aard zijn. De belangrijkste beperkende fysische factor is de forofyt. Deze wordt door het lichen gebruikt als substraat. Indien een forofyt aanwezig is, worden andere habitatfactoren bepalend voor het voorkomen van lichenen. Fotosynthese door de thallus is in sterke mate afhankelijk van de fysische factoren licht, water en temperatuur. Relevante chemische factoren zijn onder meer de luchtkwaliteit, de chemische compositie en pH van de schors, voedselvoorziening, ... Voor een algemene introductie in de ecologie van de epifytische macrolichenen en andere cryptogame epifyten wordt verwezen naar Barkman (1958).

3.3 Forofyten

Epifytische lichenen groeien per definitie op bast en schors van bomen. De meeste epifytische lichenen worden gekenmerkt door een substraatspecificiteit (Barkman 1958). Er zijn echter ook soorten die op meerdere substraten regelmatig aanwezig zijn, bijvoorbeeld op bomen en op steen of op bomen en op rottend hout. Volgens schattingen van Hale (1983) zijn de verschillen in epifytische lichenengemeenschappen voor ongeveer 60 % toe te schrijven aan substraatfactoren. De rest van de verschillen is grotendeels te wijten aan microklimatologische factoren. Het gehalte aan voedingsstoffen en de pH-waarde van de schors varieert tussen verschillende boomsoorten en bepaalt ten dele de kolonisatie door lichenen. De fysische eigenschappen van de schors zijn eveneens bepalend voor de kolonisatie. Een gladde schors zal de vestiging van het lichen bemoeilijken, terwijl een ruwe schors de aanhechting vereenvoudigt (Schöller 1997). Verschillen in waterretentiecapaciteit door een verschil in schorsstructuur hebben eveneens een effect op de vestiging van epifytische soorten (Wirth 1997).

Boomsoorten worden ingedeeld in groepen op basis van de pH-waarde van de schors. Zo zijn Eik (*Quercus robur*), Beuk (*Fagus sylvatica*), Els (*Alnus glutinosa*) en Berk (*Betula spp.*) boomsoorten met een primair relatief zure schors. Gewone esdoorn (*Acer pseudoplatanus*), Valse acacia (*Robinia pseudoacacia*) en Linde (*Tilia spp.*) hebben een matig zure schors. Noorse esdoorn (*Acer platanoides*), Es (*Fraxinus excelsior*) en Olm

(*Ulmus spp.*) zijn basenrijker en hebben een subneutrale schors (Schöller 1997). Door standplaatsfactoren en luchtverontreiniging kan de werkelijke pH echter veel hoger of lager zijn.

3.4 Invloed van de stad op de epifyt

Het mesoklimaat van een stad is sterk verschillend van dat van het platteland. Dit kan een effect hebben op het voorkomen van lichenen. Het stadsklimaat wordt gekenmerkt door relatief hoge temperaturen, een lage relatieve vochtigheid en het eerder zelden voorkomen van dauw. Voor een volledige bespreking van dit onderwerp wordt verwezen naar Gilbert (1989). Grote concentraties van stof, roet en toxische gassen (Barkman 1958; Gilbert 1992; Hale 1968) waren vroeger typisch voor het stadsklimaat. Tegenwoordig moeten vooral de concentraties toxische gassen gerelativeerd worden (Vanderstraeten niet gepubliceerd).

In steden is de luchtkwaliteit momenteel vaak beter dan die van het platteland, waardoor korstmossen van voedselarme schors de stedelijke bomen steeds vaker als uitwijkmogelijkheid kiezen. Eveneens nemen bepaalde warmteminnende epifyten sterk toe. Ruim opgezette relatief nieuwe wijken zijn ideale plaatsen voor het vinden van een soortenrijke epifytenflora (van Herk 2000).

3.5 Lichenen als indicatoren van luchtkwaliteit

3.5.1 Indicatoren

Epifytische lichenen staan bekend als goede indicatoren van de luchtkwaliteit. Dit is grotendeels te wijten aan de hieronder opgesomde eigenschappen.

- Lichenen groeien in de grootteorde van milimeters per jaar. Deze trage groeisnelheid, gecombineerd met een lange levensduur, maakt het mogelijk individuele thalli gedurende vele opeenvolgende jaren te bestuderen.
- Voor hun voeding zijn lichenen afhankelijk van in de lucht aanwezige voedingsstoffen. Zij bezitten geen beschermende structuren zoals cuticula of huidmondjes zodat schadelijke stoffen makkelijk kunnen infiltreren in de thallus.
- Eens de schadelijke stoffen opgenomen zijn door de thallus, bestaat er geen mogelijkheid tot excretie. Het verwijderen van deze stoffen door bijvoorbeeld bladval is bij lichenen niet mogelijk.
- Lichenen vertonen de hoogste fysiologische activiteit in herfst en winter. Dit is de periode van de sterkste emissie van schadelijke stoffen in de atmosfeer.
- De boomschors is, in tegenstelling met bijvoorbeeld kalksteen, zwak gebufferd, waardoor schadelijke stoffen niet geneutraliseerd worden.
- Het voorkomen van een soort wordt over het algemeen niet beïnvloed door rechtstreekse menselijke tussenkomst.

Een overzicht van nieuwe literatuur over luchtvervuiling en lichenen wordt regelmatig gepubliceerd in The Lichenologist (zie o.a. Henderson 2000).

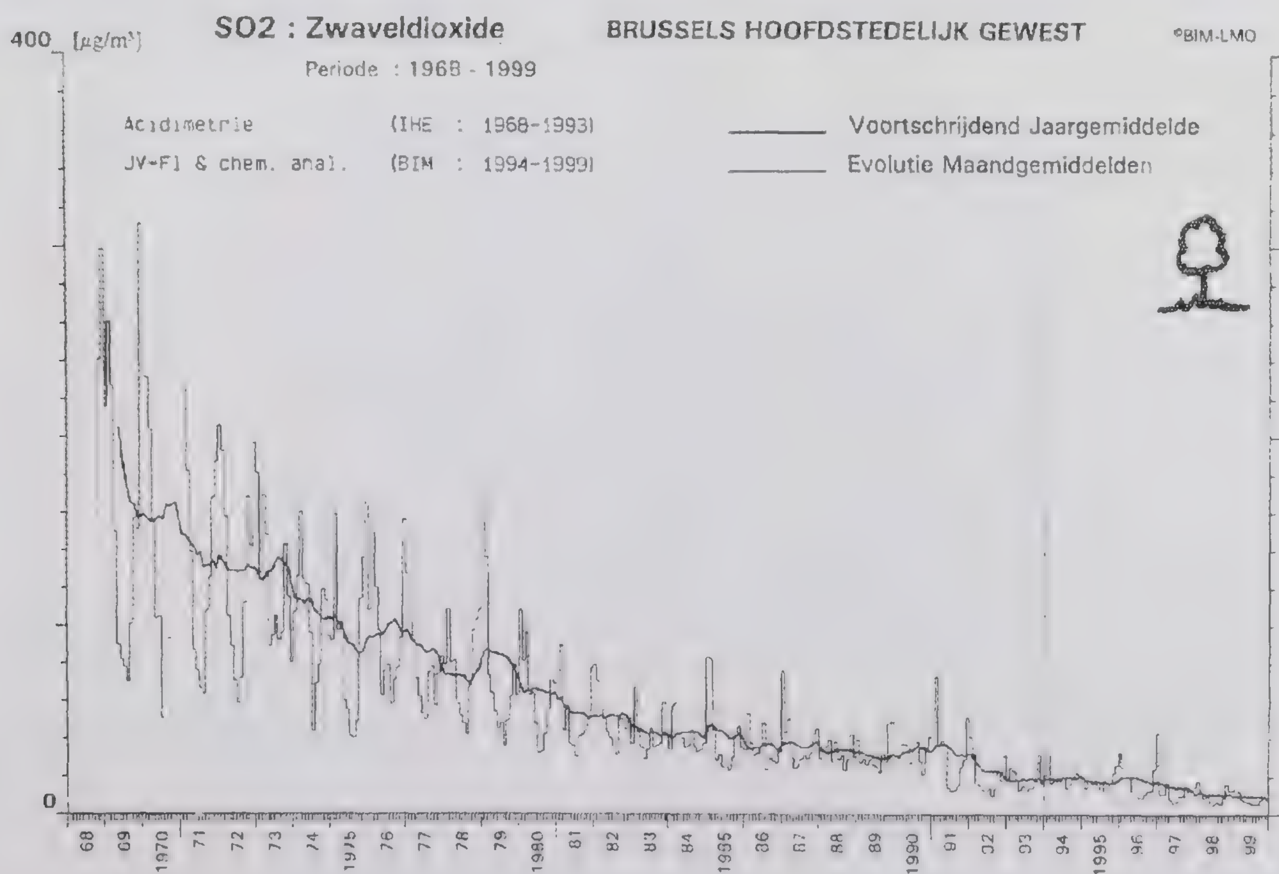
3.5.2 Lichenen in nood

In de literatuur is een groot aantal publicaties terug te vinden in verband met de achteruitgang van de licheenflora vanaf 1866 (Nylander 1866) tot het begin van de jaren 1990. Deze achteruitgang kon zeer vaak gecorreleerd worden met de luchtkwaliteit, vooral met de concentratie van SO_2. Hawksworth & Rose (1970), Le Blanc & De Sloover (1970) en Nimis & al. (1990) zijn enkele voorbeelden van dergelijke studies in het buitenland. Voor een overzicht wordt verwezen naar Ferry & al. (1973). De studies van Iserentant & Margot (1963), Van der Gucht & Hoffmann (1990), Hoffmann (1993) en Barkman (1963) zijn enkele voorbeelden met betrekking tot België.

3.5.3 Lichenen er weer bovenop

Vanaf het begin van de jaren '80 wordt in grote delen van Europa een afname van de concentraties SO_2 in de lucht vastgesteld. Als een gevolg hiervan verbetert de licheenflora in steden en geïndustrialiseerde plaatsen. De vroegste publicatie in deze zin is vermoedelijk van Rose & Hawksworth (1981). De Bakker (1984), Dilg (1999) en van Herk & al. (1999) zijn enkele andere voorbeelden van publicaties waarin deze verbetering werd vastgesteld.

Voor Brussel daalde de gemiddelde SO_2-dagwaarde continu vanaf 1970 tot momenteel een gemiddelde voor het gehele gewest van 8 µg/m^3 voor 1999 (fig. 2) (Brussels Instituut voor Milieubeheer 2000). De verbetering van de licheenflora van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest wordt besproken in Tanghe & al. (1996) en Vanholen (2000).



Figuur 2. Evolutie van de SO_2-concentratie voor het Brussels Hoofdstedelijk Gewest van 1968 tot 1999 (Brussels Instituut voor Milieubeheer 2000).
Figure 2. Evolution of the SO_2 concentration for the Brussels Capital Region from 1968 to 1999.

De herkolonisatie van lichenen bij afnemende luchtvervuiling wordt uitgebreid besproken door Gilbert (1992). Hij stelt dat er een lagfase waarneembaar is tussen de afname van het pollutieniveau en de herkolonisatie door blad- en struikvormige soorten. Dit is gedeeltelijk te wijten aan de dispersiecapaciteit van de soorten. De SO_2-concentraties dalen sneller dan lichenen een gebied kunnen koloniseren. Gilbert stelt dat correlaties tussen SO_2-concentraties en herkolonisatiegradiënten in het beste geval vier tot vijf jaar achterlopen. Er werd vastgesteld dat de herkolonisatie niet het omgekeerde is van de verdwijning van de soorten en dat herkolonisatie niet een geordend gebeuren is zoals het sluiten van een irisdiafragma. Daarentegen heeft het vleksgewijs plaats, gecontroleerd door habitatcondities en in mindere mate dispersie-efficientie.

De correlatie tussen soortendiversiteit en SO_2 is in recente studies echter niet meer zo duidelijk als voorheen. Doordat de concentraties van SO_2 in grote delen van West-Europa sterk zijn afgenomen, worden correlaties met andere ecologische factoren zichtbaar (Seaward 1997). Enerzijds de pH van de schors en anderzijds de concentratie NH_3 in de lucht zijn momenteel belangrijke regulerende factoren met betrekking tot de licheenflora (van Herk 2001). Langlopend monitoringonderzoek in Nederland doet vermoeden dat temperatuursveranderingen te wijten aan het broeikaseffect eveneens aan de basis liggen van een veranderende licheenflora (van Herk et al. 2002).

4

Methode

4.1 Verzamelen van de gegevens

4.1.1 Nomenclatuur

De nomenclatuur van de lichenen volgt Diederich & Sérusiaux (1999). *Punctelia subrudecta s.l.* omvat, naast *Punctelia subrudecta s.s.*, eveneens *Punctelia ulophylla*. Beide soorten zijn ongeveer even algemeen en komen vaak samen voor. Mogelijk werden exemplaren van *Flavoparmelia soredians* voor *Flavoparmelia caperata* aangezien (van Herk & Aptroot 2000). Alle vondsten van het genus *Usnea* werden aangeduid als *Usnea spec.*, omwille van de onzekere determinatie zonder dunne-laag-chromatografie (TLC).

Nomenclatuur van de forofyten volgt Lambinon & al. (1999).

4.1.2 Selectie van te inventariseren plaatsen

De inventarisatie van de lichenen gebeurde op een gestandaardiseerde wijze. Het IFBL-rooster (Van Rompaey & Delvosalle 1978) wordt klassiek ingedeeld in kilometerhokken (uurhokken) en kwartierhokken. In deze studie wordt een verder verfijnd rooster gebruikt: elk kwartierhok is ingedeeld in zestien '125m-hokken'. De IFBL-coördinaten van de kwartierhokken werden met één cijfer uitgebreid om de 125m-hokken aan te duiden. Fig. 3 toont hoe de onderverdeling genummerd werd.

11.1	11.2	12.1	12.2	21.1	21.2	22.1	22.2
11.3	11.4	12.3	12.4	21.3	21.4	22.3	22.4
13.1	13.2	14.1	14.2	23.1	23.2	24.1	24.2
13.3	13.4	14.3	14.4	23.3	23.4	24.3	24.4
31.1	31.2	32.1	32.2	41.1	41.2	42.1	42.2
31.3	31.4	32.3	32.4	41.3	41.4	42.3	42.4
33.1	33.2	34.1	34.2	43.1	43.2	44.1	44.2
33.3	33.4	34.3	34.4	43.3	43.4	44.3	44.4

Figuur 3. Onderverdeling van het 1km-hok in 64 125m-hokken, gebruikt voor de inventarisatie. De vette lijnen begrenzen de 16 kwartierhokken van het uurhok.
Figure 3. Subdivision of the 1km case in 64 125m cases used for the inventory.

Van elk 1km-hok werden de 125m-hokken 11.1 en 41.1 bezocht. Voor elke bezochte plaats waren er vier mogelijkheden: inventarisatie door middel van een streeplijst, inventarisatie door middel van een lijstje, geen forofyten aanwezig en geen toegang. De volgende gegevens werden genoteerd: 125m-hok, datum, nummers van de eventuele streeplijsten, bodemgebruik (in overeenstemming met de topografische kaarten schaal

1/10.000) en eventuele afwijkingen vastgesteld in het veld, IFBL-categorie (volgens Van der Poorten 1997: stadscentrum, stadsrand, beboste gebieden, braakliggende terreinen en halfnatuurlijke plaatsen, voor deze studie uitgebreid met industriegebieden en andere gebieden), inschatting van de vochtigheid (1 = zeer droog bv. in een volledig verharde omgeving, 2 = intermediair, 3 = neutraal, 4 = intermediair, 5 = zeer vochtig bv. in de onmiddellijke omgeving van een vijver of een moeraszone), geïnventariseerde forofyten (totaal aantal, aantal van elke soort forofyt en aantal forofyten zonder lichenen) en eventuele opmerkingen.

Deze methode werd eventueel toegepast op andere 125m-hokken, met de bedoeling een representatief beeld te bekomen van de aanwezigheid van de lichenen in elk specifiek 1km-hok.

4.1.3 Inventarisatiemethoden

De inventarisatie gebeurde met een formele 'streeplijst' of door een eenvoudig lijstje. Ze werd aangevuld met losse waarnemingen.

4.1.3.1 Door middel van een streeplijst

Een aantal van de 125m-hokken werd geïnventariseerd door middel van een streeplijst.

Van elke geselecteerde forofyt werd genoteerd: de forofytsoort, omtrek op schouderhoogte in cm, eventuele inclinatie (graden en richting) en vrijstand van de forofyt (d.w.z. dat ten hoogste de kruin van de boom de stam overschaduwt, waardoor in de winter de stam enkel overschaduwd wordt door de takken).

Voor elke soort werd genoteerd: expositie (N, NE, E, SE, S, SW, W en NW), plaats op de boom (basis, stam, kroon), fertiel of steriel (indien fertiel: soredieus, isidieus, met podetia of met apothecia) en vitaliteit van de soort op de specifieke forofyt (++ = zeer goed, + = goed, niets = niet opmerkelijk, - = slecht, -- = zeer slecht). Van een aantal soorten werd de diameter van de grootste thallus per forofyt in mm gemeten. Concreet zijn dit: *Evernia prunastri*, *Flavoparmelia caperata*, *Hypogymnia physodes*, *Hypogymnia tubulosa*, *Lecanora muralis*, *Melanelia glabratula subsp. glabratula*, *Melanelia subaurifera*, *Parmelia saxatilis*, *Parmelia sulcata*, *Parmelina tiliacea*, *Parmotrema chinense*, *Physconia grisea*, *Pleurosticta acetabulum*, *Pseudevernia furfuracea*, *Punctelia subrudecta*, *Ramalina farinacea*, *Usnea spec.*, *Xanthoria candelaria*, *Xanthoria parietina* en *Xanthoria polycarpa*. De diameter van de andere soorten werd niet gemeten, omdat het voor soorten zoals bijvoorbeeld *Physcia adscendens* of *Phaeophyscia orbicularis* niet steeds duidelijk was hoe groot een bepaalde thallus is, doordat de thalli zo dicht op elkaar groeien dat ze mekaar zeer snel doorgroeien of aaneensluiten.

4.1.3.2 Door middel van een lijstje

Een aantal van de 125m-hokken werd geïnventariseerd door middel van een lijstje. Van elke soort werd tenminste de forofyt genoteerd, eventueel aangevuld met de diameter van de grootste thallus in mm en andere, hierboven vermelde gegevens.

4.1.3.3 Losse waarnemingen

Losse waarnemingen, verzameld in 1998 en 1999, werden gebruikt voor het vervolledigen van de verspreidingsgegevens. Van deze waarnemingen zijn tenminste de soort, de datum, de plaats (geografische coördinaten) en de forofyt genoteerd.

4.1.4 Database 'LichenBIM'

Alle waarnemingen werden ingevoerd in 'LichenBIM', de lichenologische database van het Brussels Instituut voor Milieubeheer (Vanholen & De Kesel 2000; Vanholen et al. 2001).

4.2 Verwerken van de gegevens

4.2.1 Bezochte 125m-hokken

Er werd een kaart gemaakt, waarop wordt aangegeven welke 125m-hokken bezocht werden (fig. 4). Eveneens wordt getoond welke van de vier mogelijkheden (inventarisatie door middel van een streeplijst, inventarisatie door middel van een lijstje, geen forofyten aanwezig en geen toegang) van toepassing is op het specifieke 125m-hok.

4.2.2 Autecologie

4.2.2.1 Gemiddelde diameter per soort

Een tabel met de gemiddelde diameter per gemeten soort voor het volledige Brussels Hoofdstedelijk Gewest werd berekend. Het aantal 1km-hokken waarop de berekening is gebaseerd wordt weergegeven (tab. 1).

4.2.2.2 Aantal waarnemingen per soort en fertiliteit/steriliteit

Een tabel met het aantal waarnemingen per soort werd uitgewerkt. Eveneens opgenomen in deze tabel is het aantal keren dat de soort steriel, soredieus, isidieus, met podetia of met apothecia werd aangetroffen (tab. 2).

4.2.2.3 Ruimere verspreiding en Rode Lijst-categorie

Voor elke soort werd de verspreidingscategorie volgens Diederich & Sérusiaux (1999) voor het Brabants district en de Rode Lijst-categorie volgens Aptroot & al. (1998) opgezocht (tab. 3). De verspreidingsgegevens van Diederich & Sérusiaux (1999) zijn gebaseerd op het aantal locaties waar het taxon is waargenomen of verzameld. Het is geen maat voor de abundantie.

4.2.2.4 Verspreidingskaarten

Om de verspreiding van de specifieke soort weer te geven werd een 'upscaling' van het niveau van de 125m-hokken naar het niveau van de 1km-hokken doorgevoerd. Hierdoor krijgt men een genuanceerder beeld van de verspreiding over het grondgebied van het gewest. Voor de soorten waarvan de thallusdiameter systematisch gemeten werd, wordt in deze kaart de gemiddelde diameter van alle thalli per 1km-hok weergegeven. Deze

diameters worden onderverdeeld in vijf klassen, volgens de classificatiemethode van de 'natural breaks', gebaseerd op de Jenk's optimalisatie die de variatie binnen elke klasse minimaliseert (ArcView 1996). Deze figuren worden samengevat in het hoofdstuk 'Verspreidingskaarten', na de bibliografie.

4.2.3 Synecologie

4.2.3.1 Aantal soorten per 1km-hok

Er werd een kaart gemaakt, waarop het aantal soorten per 1km-hok wordt aangegeven (fig. 5). Het gemiddeld aantal soorten voor het volledige Brussels Hoofdstedelijk Gewest werd berekend.

4.2.3.2 Soorten per forofytsoort

Een tabel van de specifieke samenstelling van de macrolichenologische gemeenschappen in functie van de forofytsoort werd uitgewerkt (tab. 4).

4.2.3.3 Soortensamenstelling per 1km-hok

Een TWINSPAN-analyse (Hill 1979) werd uitgevoerd om een beeld te krijgen van de lichenocoenologische soortensamenstelling per 1km-hok (fig. 6). Om de invloed van de forofytsoort te minimaliseren, werd geopteerd voor een analyse op basis van twee forofytgenera, namelijk *Tilia sp.* en *Salix sp.* De analyse op basis van één forofytsoort bleek niet mogelijk, doordat geen enkele forofytsoort zowel in de rand van Brussel als in het centrum in voldoende mate voorkomt om een min of meer gebiedsdekkend beeld te geven. *Tilia sp.* komt vooral in het centrum van Brussel voor, *Salix sp.* vooral aan de rand. Voor de analyse werden enkel waarnemingen gebruikt die verzameld waren in 2000 en gevonden op de stam. Omdat niet in elk 1km-hok een even groot aantal forofyten werd geïnventariseerd, werd de analyse uitgevoerd op basis van de aan- of afwezigheid van de soort.

4.2.3.4 Correlatie met ecologische factoren

De gegevens in verband met de luchtkwaliteit van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest zijn afkomstig van het Brussels Instituut voor Milieubeheer, dienst Milieustatistieken. Synthese van deze gegevens is onder meer terug te vinden in Brussels Instituut voor Milieubeheer (2000). Voor de chemische meetpunten waarvan gegevens beschikbaar zijn, werd een jaargemiddelde berekend voor de concentraties van SO_2, NO, NO_X, O_3, CO en CO_2 op basis van de laatste zes maanden van 1999 en de eerste zes maanden van 2000 (tab. 5).

Een DCA-analyse (Ter Braak 1988) werd uitgevoerd met alle waarnemingen van 2000, verzameld in 125m-hokken die met een streeplijst werden geïnventariseerd. Bijkomend moesten de waarnemingen worden gedaan op de stam en op bomen met een omtrek groter dan 100 cm. Tab. 6 geeft de samenvatting van de resultaten van de analyse. Fig. 8 toont het scatterdiagram van deze analyse. Fig. 9 toont de ruimtelijke verspreiding van de sample scores van As 1 van de DCA-analyse, ingedeeld in 10 categorieën volgens de classificatiemethode van de 'natural breaks', gebaseerd op de Jenk's optimalisatie die de variatie binnen elke klasse minimaliseert (ArcView 1996).

5

Resultaten en discussie

5.1 Algemeen

5.1.1 Totaal aantal waarnemingen en soorten

De inventarisatie van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest leverde in totaal 4.345 waarnemingen op. Het aantal soorten bedraagt 32.

5.1.2 Bezochte 125m-hokken

Er werden 470 125m-hokken bezocht. Fig. 4 geeft een overzicht, waarbij wordt aangegeven welke van de vier mogelijkheden (inventarisatie door middel van een streeplijst, inventarisatie door middel van een lijstje, geen forofyten aanwezig en geen toegang) van toepassing is op het specifieke 125m-hok. Een streeplijst werd gebruikt in 263 125m-hokken. Van de 125m-hokken werden er 83 geïnventariseerd met een lijstje. In 100 125m-hokken waren geen forofyten aanwezig en in 24 gevallen was er geen toegang mogelijk.

5.2 Autecologie

5.2.1 Gemiddelde diameter per soort

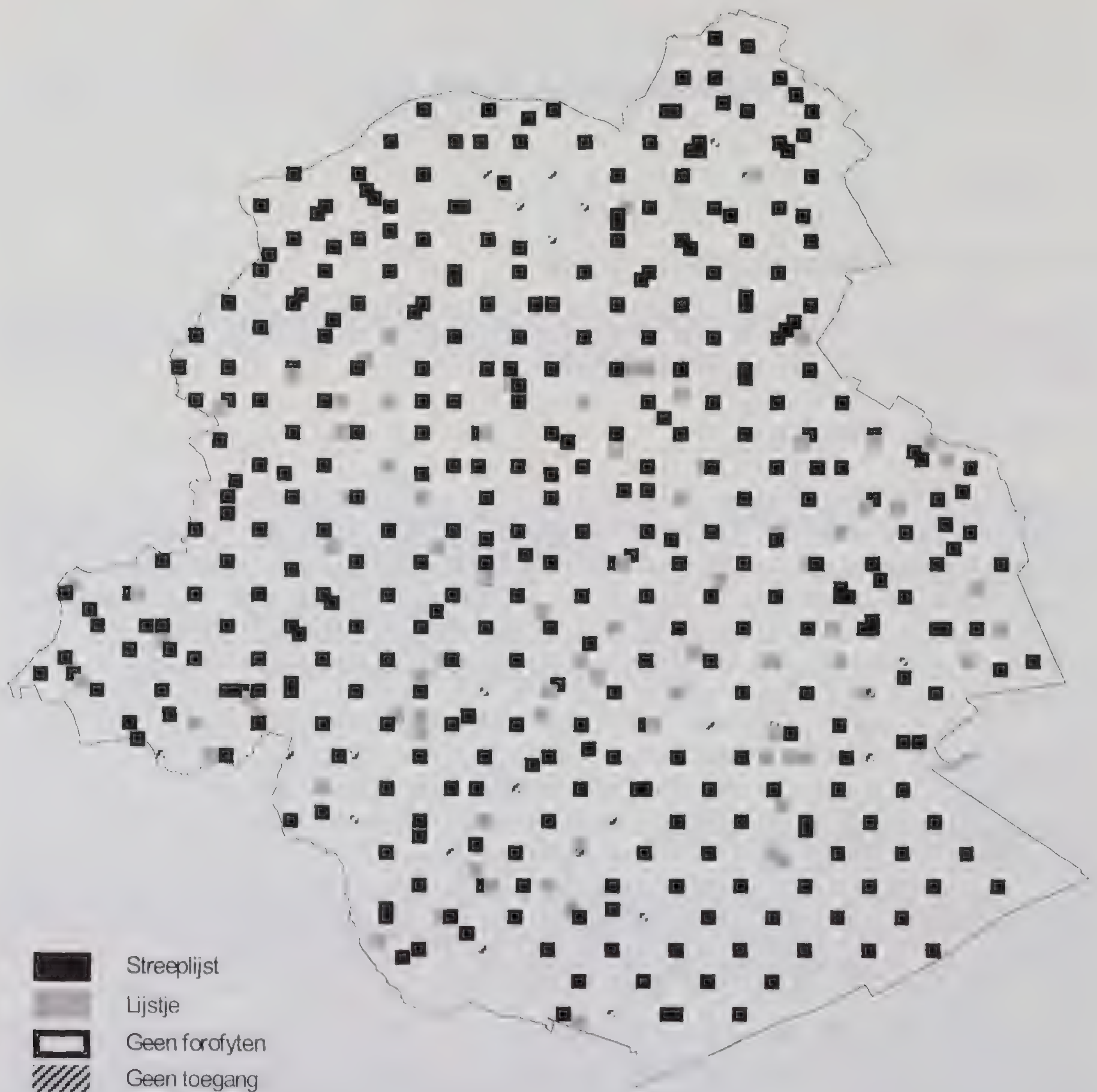
Tab. 1 geeft de gemiddelde diameter per soort voor het volledige gewest, voor die soorten waarvan de diameter gemeten werd. Het aantal 1km-hokken, waarop de berekening betrekking heeft, wordt eveneens aangegeven.

Deze waarde kan eventueel bij een vergelijkbare inventarisatie van het gewest gebruikt worden als een zeer algemene indicator voor de voor- of achteruitgang van de licheenflora, door de toe- of afname van de diameter per individuele soort. Deze parameter is relatief inert ten opzichte van kleine veranderingen in de diameters van de individuele thalli en zal vermoedelijk pas bij aanzienlijke oppervlakteveranderingen van de thalli significant veranderen.

5.2.2 Aantal waarnemingen per soort en fertiliteit/steriliteit

Tab. 2 geeft een overzicht van het aantal waarnemingen per soort. Eveneens wordt weergegeven hoeveel keer de soort steriel, isidieus, sorediëus, met podetia of met apothecia werd aangetroffen.

De meest voorkomende soort is *Physcia tenella* met 742 waarnemingen, gevolgd door *Phaeophyscia orbicularis* (543 waarnemingen), *Parmelia sulcata* (505 waarnemingen), *Xanthoria parietina* (461 waarnemingen) en *Physcia adscendens* (427 waarnemingen). *Hypocenomyce scalaris*, *Pseudevernia furfuracea* en *Xanthoria calcicola* werden elk slechts één maal aangetroffen.



Figuur 4. Bezochte 125m-hokken met informatie in verband met inventarisatiemethode, forofytafwezigheid en toegangsmogelijkheid.
Figure 4. Visited 125m cases with information concerning method of inventarisation, absence of phorophytes and accessibility.

5.2.3 Ruimere verspreiding en Rode Lijst-categorie

Tab. 3 geeft de verspreiding van de soort voor het Brabants district volgens Diederich & Sérusiaux (1999) en de Rode Lijst-categorie naar de Nederlandse situatie volgens Aptroot & al. (1998).

De algemeenste soorten in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest (*Physcia tenella*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Parmelia sulcata*, *Xanthoria parietina* en *Physcia adscendens*) hebben als verspreidingscategorie volgens Diederich & Sérusiaux (1999) voor het Brabants district respectievelijk CC (zeer algemeen), AC-C (vrij algemeen tot algemeen), CC (zeer algemeen), C (algemeen) en AC-C (vrij algemeen tot algemeen). De zeldzaamste

soorten van het gewest (*Hypocenomyce scalaris*, *Pseudevernia furfuracea* en *Xanthoria calcicola*) hebben als verspreidingscategorie respectievelijk RRR (uiterst zeldzaam), AR > RR (van vrij zeldzaam tot zeer zeldzaam) en AR (vrij zeldzaam).

Tabel 1. Gemiddelde diameter per soort voor het volledige Brussels Hoofdstedelijk Gewest. Aantal = aantal 1km-hokken waarop de berekening betrekking heeft.
Table 1. Mean diameter for each species for the Brussels Capital Region. Aantal = number of 1km cases used for the calculation.

Soort/Species	Aantal	Diameter (mm)
Evernia prunastri	98	12,4
Flavoparmelia caperata	66	20,9
Hypogymnia physodes	79	16,4
Hypogymnia tubulosa	7	22,9
Lecanora muralis	19	18,2
Melanelia glabratula subsp. *glabratula*	18	23,6
Melanelia subaurifera	95	19,1
Parmelia saxatilis	14	28,4
Parmelia sulcata	132	27,5
Parmelina tiliacea	2	42,0
Parmotrema chinense	28	23,7
Physconia grisea	36	29,2
Pleurosticta acetabulum	3	21,5
Pseudevernia furfuracea	1	26,0
Punctelia subrudecta	85	33,3
Ramalina farinacea	44	10,6
Usnea spec.	9	8,9
Xanthoria candelaria	59	4,6
Xanthoria parietina	131	18,3
Xanthoria polycarpa	90	6,5

Alle soorten zijn volgens Aptroot & al. (1998) thans niet bedreigd, met uitzondering van *Parmelina tiliacea* en *Platismatia glauca*. Deze soorten zijn kwetsbaar.

5.2.4 Verspreidingskaarten

Voor elke soort wordt een verspreidingskaart gegeven in het hoofdstuk 'Verspreidingskaarten' (blz. 43).

5.3 Synecologie

5.3.1 Aantal soorten per 1km-hok

Fig. 5 geeft het aantal soorten per 1km-hok. Twee 1km-hokken bevatten 19 soorten (E4-34-23 en E4-45-42) en zijn als dusdanig de soortenrijkste coördinaten van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest.

Tabel 2. Aantal waarnemingen per soort en aantal keren dat de soort steriel, isidieus, sorediens, met podetia of met apothecia werd aangetroffen.

Aantal = totaal aantal waarnemingen per soort, St = steriel, I = isidieus, S = sorediens, P = met podetia, A = met apothecia, G = geen informatie beschikbaar.

Table 2. Number of observations per species and number of times a species was found sterile, with isidia, soredia, podetia or apothecia.

Aantal = number of observation per species, St = sterile, I = with isidia, S = with soredia, P = with podetia, A = with apothecia, G = no information available.

Soort/Species	Aantal	St	I	S	P	A	G
Cladonia chlorophaea	2				2		
Cladonia coniocraea	24	12			11		1
Cladonia fimbriata	28				14		14
Evernia prunastri	248	190		42			16
Flavoparmelia caperata	113	50		49			14
Hypocenomyce scalaris	1			1			
Hypogymnia physodes	170	98		55			17
Hypogymnia tubulosa	11	2		9			
Lecanora muralis	32	3				21	8
Melanelia glabratula subsp. *glabratula*	27	1	26				
Melanelia subaurifera	210	37		154			19
Parmelia saxatilis	27	1	11				15
Parmelia sulcata	505	310		138			57
Parmelina tiliacea	2		1				1
Parmotrema chinense	45	24		17			4
Phaeophyscia orbicularis	543	61		440		1	41
Physcia adscendens	427	67		320		2	38
Physcia caesia	99	17		57		2	23
Physcia dubia var. *dubia*	22	6		15			1
Physcia stellaris	3	2				1	
Physcia tenella	742	132		546		11	53
Physconia grisea	46	1		43			2
Platismatia glauca	5		3				2
Pleurosticta acetabulum	4	4					
Pseudevernia furfuracea	1		1				
Punctelia subrudecta	172	19		136			17
Ramalina farinacea	82	63		15			4
Usnea spec.	11	9					2
Xanthoria calcicola	1	1					
Xanthoria candelaria	98	76		4		10	8
Xanthoria parietina	461	156				269	36
Xanthoria polycarpa	183	42				137	4

Het gemiddeld aantal soorten per 1km-hok bedraagt 9,4. Dit cijfer kan eventueel gebruikt worden als indicator voor de soortensamenstellingen bij toekomstige, vergelijkbare inventarisaties van het gewest.

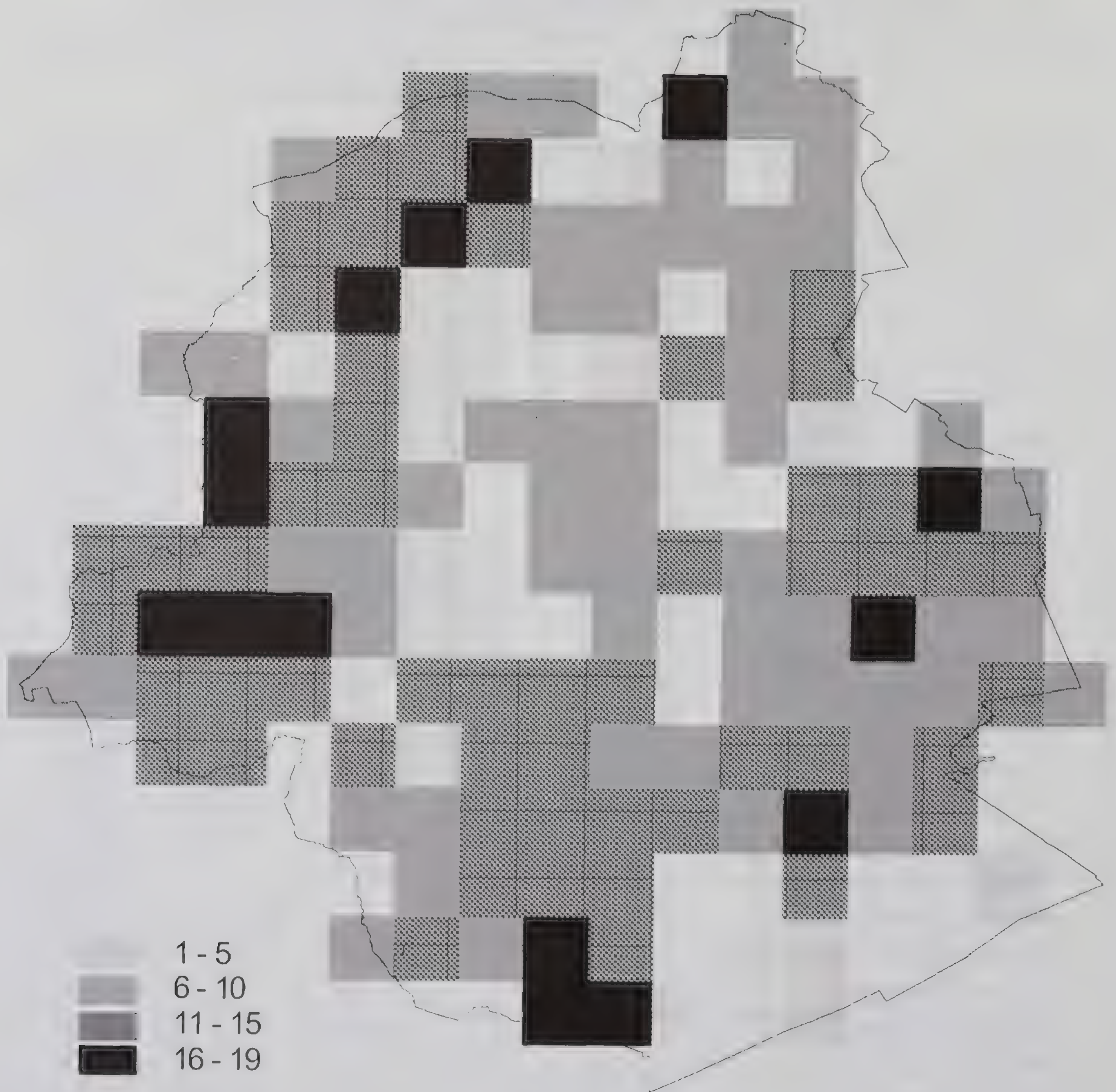
Tabel 3. Verspreiding en Rode Lijst-categorie per soort.
RRR = uiterst zeldzaam, RR = zeer zeldzaam, R = zeldzaam, AR = vrij zeldzaam, AC = vrij algemeen, C = algemeen, CC = zeer algemeen, TNB = thans niet bedreigd, KW = kwetsbaar. Naar Diederich & Sérusiaux (1999) en Aptroot & al. (1998).
Table 3. Distribution ('verspreiding') and Red List category per species.
RRR = extremely rare, RR = very rare, R = rare, AR = rather rare, AC = rather common, C = common, CC = very common, TNB = at present not threatened, KW = vulnerable. After Diederich & Sérusiaux (1999) and Aptroot & al. (1998).

Soort/Species	Verspreiding	Rode Lijst
Cladonia chlorophaea	AR	TNB
Cladonia coniocraea	AC	TNB
Cladonia fimbriata	AC	TNB
Evernia prunastri	C	TNB
Flavoparmelia caperata	AR	TNB
Hypocenomyce scalaris	RRR	TNB
Hypogymnia physodes	C	TNB
Hypogymnia tubulosa	AR	TNB
Lecanora muralis	CC	TNB
Melanelia glabratula subsp. *glabratula*	AR	TNB
Melanelia subaurifera	AC	TNB
Pleurosticta acetabulum	AR	TNB
Parmelia saxatilis	AR	TNB
Parmelia sulcata	CC	TNB
Parmelina tiliacea	AR	KW
Parmotrema chinense	AR > R	TNB
Phaeophyscia orbicularis	AC - C	TNB
Physcia adscendens	AC - C	TNB
Physcia caesia	AR	TNB
Physcia dubia var. *dubia*	R	TNB
Physcia stellaris	AR	TNB
Physcia tenella	CC	TNB
Physconia grisea	C	TNB
Platismatia glauca	R	KW
Pseudevernia furfuracea	AR > RR	TNB
Punctelia subrudecta	C	TNB
Ramalina farinacea	AR	TNB
Xanthoria calcicola	AR	TNB
Xanthoria candelaria	AC - C	TNB
Xanthoria parietina	C	TNB
Xanthoria polycarpa	AC	TNB

5.3.2 Soorten per forofytsoort

Tab. 4 geeft een overzicht van de specifieke samenstelling van de macrolichenologische gemeenschappen in functie van de forofytsoort. Van zeven waarnemingen is geen informatie beschikbaar over de forofytsoort. Een aantal forofyten kon niet tot op

soortniveau worden gedetermineerd doordat de inventarisatie zeer vroeg in de lente plaatshad.



Figuur 5. Aantal soorten per 1km-hok.
Figure 5. Number of species per 1km case.

5.3.3 Soortensamenstelling per 1km-hok

In totaal zijn in 2000 gedurende de inventarisaties op de stam van *Salix sp.* en *Tilia sp.* 889 waarnemingen gebeurd. Deze waarnemingen betreffen 81 1km-hokken en 29 soorten. De 1km-hokken worden op basis van de soortensamenstelling door de TWINSPAN-analyse ingedeeld in vijf groepen. Een overzicht van de dichotomieën wordt gegeven in fig. 6. Fig. 7 toont de ruimtelijke verspreiding van de vijf groepen.

De eerste dichotomie scheidt het 1km-hok E4-16-14 (groep E) van de andere 80 1km-hokken. Indicator is *Cladonia fimbriata.*

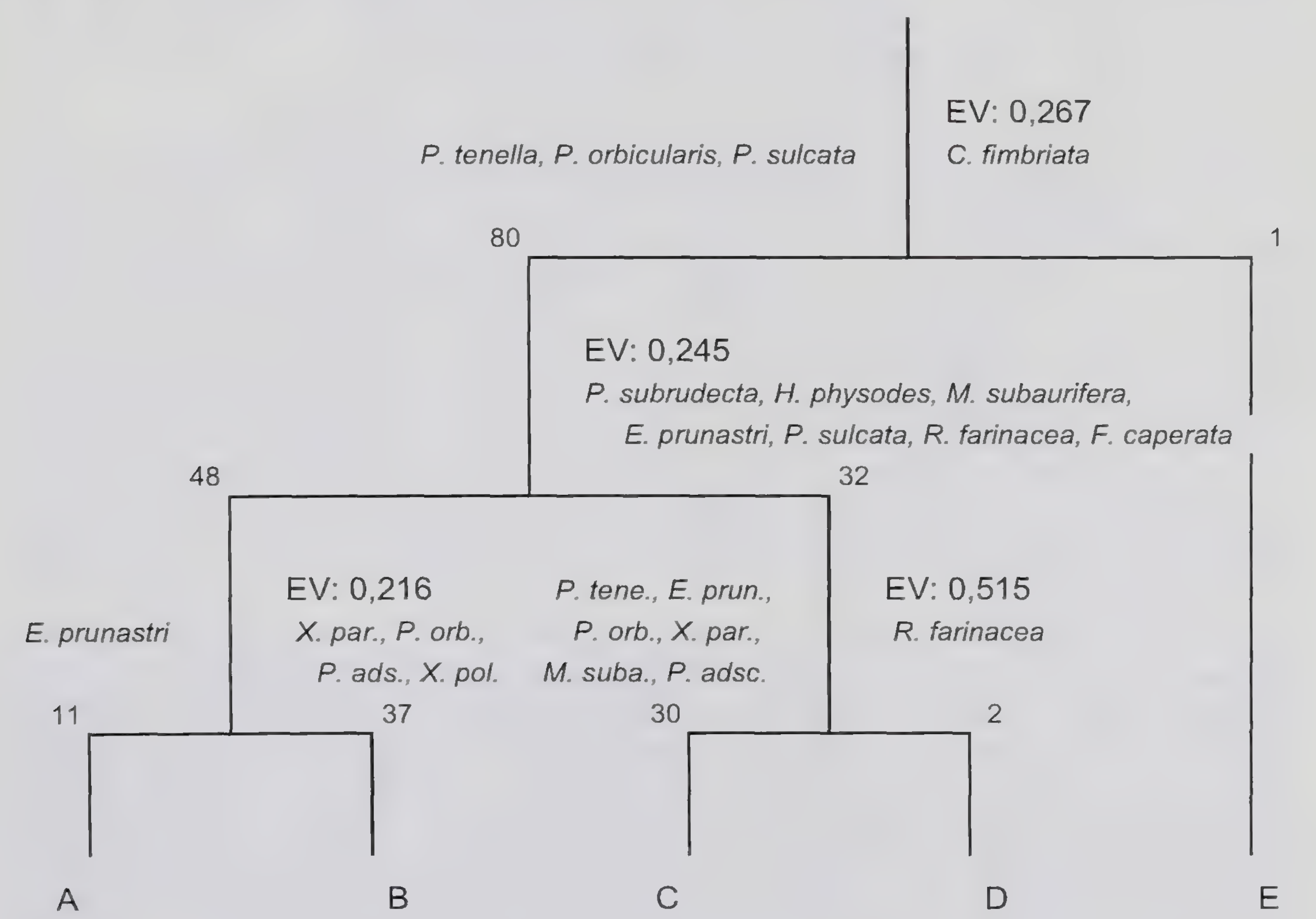
Tabel 4. Soortensamenstelling van de macrolichenologische gemeenschappen in functie van de forofytsoort (M. glabr. = Melanelia glabratula).
Table 4. Species composition of the macrolichenological communities as a function of the phorophyte species.

	Cladonia chlorophaea	Cladonia coniocraea	Cladonia fimbriata	Evernia prunastri	Flavoparmelia caperata	Hypocenomyce scalaris	Hypogymnia physodes	Hypogymnia tubulosa	Lecanora muralis	M. glabr. subsp. glabratula	Melanelia subaurifera	Parmelia saxatilis	Parmelia sulcata	Parmelina tiliacea	Parmotrema chinense	Phaeophyscia orbicularis	Physcia adscendens	Physcia caesia	Physcia dubia var. dubia	Physcia stellaris	Physcia tenella	Physconia grisea	Platismatia glauca	Pleurosticta acetabulum	Pseudevernia furfuracea	Punctelia subrudecta	Ramalina farinacea	Usnea spec.	Xanthoria calcicola	Xanthoria candelaria	Xanthoria parietina	Xanthoria polycarpa
Acer platanoides		1		15	6		16	5	1	1	8		22		8	23	13	7	1		24	3				13	5	4		3	16	4
Acer pseudoplatanus		1		21	7		15	2	2	2	19		37		1	57	42	8			69	3				13	4			9	40	21
Acer sp.				4	4		2				6		11			9	9	4			18					3	2	1		1	7	2
Aesculus hippocastaneum				4	1		2		1		3		7			5	3	2	1		14	1				3				2	9	3
Alnus glutinosa			1								1	1	1								1											
Betula pubescens											1		1			1	1				2										4	
Carpinus betulus				3			4				4		5			5	4	4			8					3				6	3	3
Castanea sativa					1								2			3	1	2			3										1	
Crataegus sp.				1			1						4			2	5				6					1						1
Euonymus sp.												1									1											
Fagus sylvatica		6	3	2	3		3		3		1	2	12			6	6	2			12	1				1				1	8	3
Fraxinus excelsior			1	14	7		9			2	10		30		2	36	26	5	1		48	1				13	5			8	27	11
Juglans regia				1	1						1		1			2	2	1			2										3	
Liriodendron tulipifera		1		2			3			1	2		3		2	5	2				4	2				3					4	1
Malus purpurea				5	3		8		1		10		12		1	3			1		9	1				5	2			1	4	5
Malus sp.				1							1		3			2	4				4					1					3	1
Picea sp.		1																														
Platanus hispanica				16	1		6				7		24			30	22	4	1	1	49	1				5	5	1		7	22	8

Vervolg Tabel 4. Soortensamenstelling van de macrolichenologische gemeenschappen in functie van de forofytsoort.
Continuation Table 4. Species composition of the macrolichenological communities as a function of the phorophyte species.

	Cladonia chlorophaea	Cladonia coniocraea	Cladonia fimbriata	Evernia prunastri	Flavoparmelia caperata	Hypocenomyce scalaris	Hypogymnia physodes	Hypogymnia tubulosa	Lecanora muralis	M. glabr. subsp. glabratula	Melanelia subaurifera	Parmelia saxatilis	Parmelia sulcata	Parmelina tiliacea	Parmotrema chinense	Phaeophyscia orbicularis	Physcia adscendens	Physcia caesia	Physcia dubia var. dubia	Physcia stellaris	Physcia tenella	Physconia grisea	Platismatia glauca	Pleurosticta acetabulum	Pseudevernia furfuracea	Punctelia subrudecta	Ramalina farinacea	Usnea spec.	Xanthoria calcicola	Xanthoria candelaria	Xanthoria parietina	Xanthoria polycarpa
Populus alba											1		1			1	1				1									1	1	1
Populus canescens			1	1	1		5			2	2		8		5	4	1	2			7					4		1			4	1
Populus nigra var. italica		1	1	10	4		1		2		8	1	21		4	46	34	8	1		54	13				10	3			9	47	12
Populus sp.				1								1				1	1	1			2					2						
Populus tremula		1		3	1		1				2		2			2	2	1			2					1	1				2	
Populus x canadensis			1	33	22		20		5	6	24	1	51		2	60	65	8	2	1	78	9		1		24	20	1		13	61	33
Prunus avium							1			1	1		1				1															
Prunus serotina				1			1		2		1		3			7	4				7					2					1	
Prunus sp.							1											1			1										1	
Quercus petraea							1			1						1					1											
Quercus robur		2	3	12	5		7		1	1	17	6	33		3	6	6	2			27	2	5			8	5	1		1	7	4
Quercus rubra		1	1	11	8		13	1			10		18		5	9	4	2	1		20	1				4	2	1		5	8	2
Robinia pseudacacia				3	1		4		1		2	1	6			15	13	1			19					3	1			4	13	8
Salix sp.	2	5	9	29	19		4		1	9	35	1	95	1	9	97	99	16	7	1	116	7		3		33	19		1	13	97	24
Sambucus nigra													1			5	3	2			2										3	
Sorbus aria				1	1		2				2		2			1										1	2					1
Sorbus aucuparia																1	1				2										2	
Tilia sp.		4	2	50	15	1	35	3	7	1	29	2	74	1	3	91	42	14	6		121	1			1	13	6	1		12	54	34

De overige 80 1km-hokken worden verdeeld in 2 groepen. De negatieve groep bevat 48 coördinaten, de positieve 32. De negatieve groep heeft geen indicatoren. De positieve groep heeft als indicatoren *Punctelia subrudecta, Hypogymnia physodes, Melanelia subaurifera, Evernia prunastri, Parmelia sulcata, Ramalina farinacea* en *Flavoparmelia caperata.*



Figuur 6. Dichotomieën van de TWINSPAN-analyse. EV = Eigenvalue, E. prun. = Evernia prunastri, M. suba. = Melanelia subaurifera, P. adsc. = Physcia adscendens, P. orb. = Phaeophyscia orbicularis, P. tene. = Physcia teneальla, X. par. = Xanthoria parietina, X. pol. = Xanthoria polycarpa.
Figure 6. Dichotomies of the TWINSPAN-analysis.

De 48 1km-hokken van de negatieve groep van dichotomie 2 worden gesplitst in twee groepen: de negatieve groep bevat 11 coördinaten[1], de positieve groep 37[2]. De negatieve groep heeft als indicator *Evernia prunastri*, de positieve groep *Xanthoria parietina, Phaeophyscia orbicularis, Physcia adscendens en Xanthoria polycarpa.*

[1] E4-15-41, E4-15-42, E4-24-42, E4-25-12, E4-25-21, E4-25-44, E4-26-11, E4-26-13, E4-26-32, E4-35-13, E4-46-22.

[2] E4-14-44, E4-15-34, E4-16-23, E4-16-24, E4-16-31, E4-16-33, E4-16-42, E4-24-14, E4-24-22, E4-24-23, E4-25-11, E4-25-22, E4-25-23, E4-25-32, E4-25-41, E4-25-42, E4-26-33, E4-26-34, E4-26-42, E4-34-14, E4-34-22, E4-34-23, E4-34-24, E4-34-31, E4-34-34, E4-35-11, E4-35-14, E4-35-33, E4-36-11, E4-36-22, E4-36-23, E4-36-33, E4-36-43, E4-45-12, E4-46-11, E4-46-23, E4-47-11.

De positieve groep van dichotomie 2 wordt opgedeeld in een negatieve groep met 30 1km-hokken[3] en een positieve groep met 2 1km-hokken[4]. Indicatoren voor de negatieve groep zijn *Physcia tenella*, *Evernia prunastri*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Xanthoria parietina*, *Melanelia subaurifera* en *Physcia adscendens*. Indicator voor de positieve groep is *Ramalina farinacea*. De indicatoren van de negatieve groep zijn opnieuw *Xanthoria parietina*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Physcia adscendens en Xanthoria polycarpa*, aangevuld met *Evernia prunastri* en *Melanelia subaurifera*.

Het 1km-hok E4-16-14 is zeer soortenrijk (17 soorten). De soortenrijkdom van dit coördinaat is hoofdzakelijk te wijten aan enkele omgevallen *Salix sp.*-forofyten met een zeer weelderige epifytische begroeiing. Deze forofyten staan aan de voet van een steile helling, beschut tegen de westenwind. Plaatselijk heerst een vochtig microklimaat. Vanuit het centrum van Brussel is er in noordoostelijke richting geen enkel 1km-hok met meer dan tien soorten. Het coördinaat E4-16-14 vormt hierop de uitzondering. De relatief uitzonderlijke soortenrijkdom van dit coördinaat voor het noordoosten van het gewest kan vermoedelijk verklaard worden door de specifieke microklimatologische omstandigheden. *Cladonia fimbriata* is op zich niet erg geschikt als indicator voor deze groep. Deze soort komt namelijk eveneens voor in de 1km-hokken E4-25-11, E4-45-24, E4-46-13 en E4-47-12, maar komt niet in alle andere 1km-hokken van de negatieve groep voor, waardoor inderdaad een scheiding bekomen wordt op basis van deze soort.

De indicatoren van de 32 1km-hokken in de positieve groep van de splitsing van de 80 1km-hokken zijn *Punctelia subrudecta*, *Hypogymnia physodes*, *Melanelia subaurifera*, *Evernia prunastri*, *Parmelia sulcata*, *Ramalina farinacea* en *Flavoparmelia caperata*. Bij de verandering van de licheenflora van stikstof- en ammoniakminnende gemeenschappen, hoofdzakelijk gekenmerkt door *Physcia adscendens*, *Physcia tenella*, *Phaeophyscia orbicularis* en *Xanthoria*-soorten, naar een rijkere licheenflora vallen verschillende fasen op bij het inventariseren. In eerste fase worden de stikstof- en ammoniakminnende soorten aangevuld met *Parmelia sulcata*, samen met *Punctelia subrudecta* en *Melanelia subaurifera*. *Evernia prunastri* en *Flavoparmelia caperata* verschijnen in een latere fase. Thalli van *Evernia prunastri* kunnen in gepaste omstandigheden vaak tot enkele centimeters groot worden. Een nog weelderige licheenflora valt op door de aanwezigheid van *Hypogymnia physodes* en *Ramalina farinacea*, uitzonderlijk aangevuld met *Usnea spec*. In deze fase zijn de stikstof- en ammoniakminnende soorten minder abundant aanwezig. De positieve indicatoren van dichotomie 2 laten dan ook vermoeden dat deze groep van 32 1km-hokken de coördinaten met een rijkere licheenflora zijn. Wanneer gekeken wordt naar de ruimtelijke verspreiding van deze coördinaten, kan men vaststellen dat deze allemaal gelegen zijn in de rand van Brussel, met een sterke concentratie in Anderlecht, St.-Agatha-Berchem, St.-Pieters-Woluwe en Oudergem. De negatieve groep van dichotomie 2 zou, in tegenstelling tot de positieve groep een meer 'ruderale' licheenflora moeten bevatten. De verspreiding van de coördinaten van deze groep is veel verspreider over het gewest, met een concentratie in de gemeente Brussel, uitlopend naar het noordoosten van het gewest. Dit kan wijzen op een licheenflora, beter aangepast aan de factoren, heersend in een stadsmilieu.

---

[3] E4-15-31, E4-15-33, E4-16-32, E4-16-34, E4-24-43, E4-24-44, E4-26-14, E4-26-22, E4-26-44, E4-27-32, E4-27-43, E4-34-12, E4-34-13, E4-34-21, E4-34-32, E4-34-41, E4-35-44, E4-37-11, E4-37-12, E4-37-13, E4-37-21, E4-37-23, E4-37-34, E4-37-41, E4-45-21, E4-45-24, E4-45-32, E4-46-12, E4-46-13, E4-47-12.

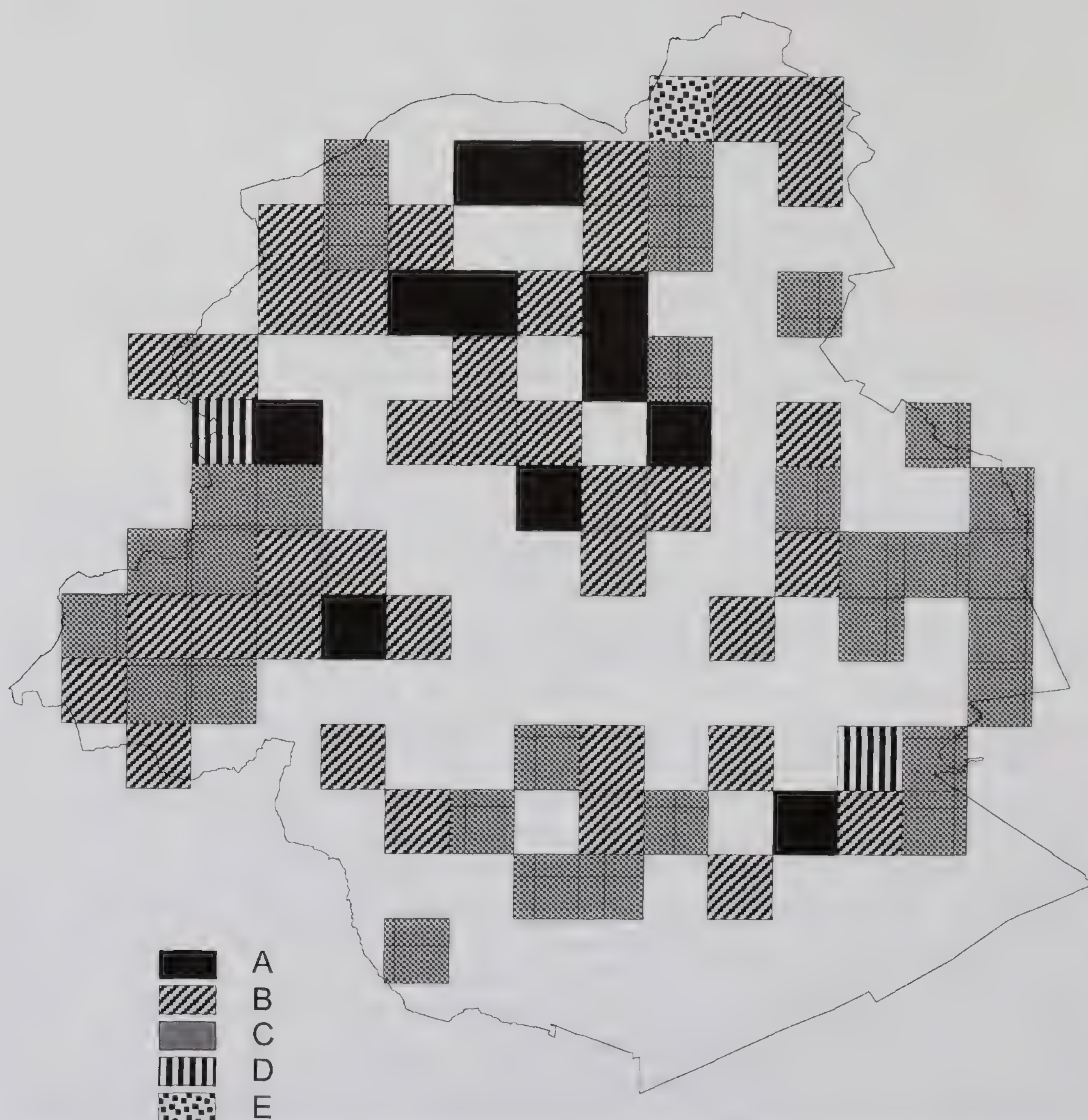
[4] E4-24-41 en E4-37-33.

De negatieve groep van de 48 1km-hokken heeft als indicator *Evernia prunastri*, de positieve groep *Xanthoria parietina*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Physcia adscendens en Xanthoria polycarpa*. *Evernia prunastri* is volgens Aptroot & van Herk (1994) en Purvis & al. (1992) gevoelig voor ammoniak en zwaveldioxide. *Physcia*'s en *Xanthoria*'s zijn stikstofminners (van Herk & al. 1999). *Phaeophyscia orbicularis* is ammoniakminnend en vaak terug te vinden op aangerijkte substraten (Purvis & al. 1992). Deze ecologische karakteristieken laten vermoeden dat de 1km-hokken van de negatieve groep een met betrekking tot luchtkwaliteit betere licheenflora hebben dan de coördinaten van de positieve groep. De 1km-hokken van de negatieve groep zijn, op E4-25-44 na, allemaal ruimtelijk terug te vinden rond de vijfhoek van Brussel. E4-46-22 is verderaf gelegen dan de andere coördinaten, namelijk aan de rand van het Zoniënwoud. De coördinaten van de positieve groep vertonen een algemenere verspreiding over het grondgebied, met één van de concentratiezones gelegen pal in het centrum van Brussel.

Indicatoren voor de negatieve groep van dertig 1km-hokken zijn *Physcia tenella*, *Evernia prunastri*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Xanthoria parietina*, *Melanelia subaurifera* en *Physcia adscendens*. Indicator voor de positieve groep is *Ramalina farinacea*. De indicatoren van de negatieve groep zijn opnieuw de stikstof- en ammoniakminnende soorten, aangevuld met *Evernia prunastri* en *Melanelia subaurifera*. Deze laatste soort is relatief pollutietolerant en komt voor onder concentraties van 50 µg/m^3 SO_2 (Purvis & al. 1992). De indicatoren doen dan ook vermoeden dat deze groep van coördinaten een licheenflora heeft, aansluitend bij groep B, maar toch meer neigend naar deze van een betere luchtkwaliteit. De ruimtelijke spreiding van de groepen B en C bevestigt dit vermoeden. De 1km-hokken van groep C komen enkel voor in de rand van Brussel, terwijl deze van groep B eveneens in de stadsrand voorkomen, maar ook in het centrum. *Ramalina farinacea*, als indicator van groep D, is volgens Hoffmann (1993) een SO_2-gevoelige soort, volgens Purvis & al. (1992) voorkomend bij concentraties onder 60 µg/m^3 SO_2. De soort komt in Brussel eerder sporadisch voor ten opzichte van *Evernia prunastri*. Deze laatstgenoemde soort komt voor onder concentraties van 65 µg/m^3 SO_2. *Ramalina farinacea* is dus gevoeliger voor luchtvervuiling dan *Evernia prunastri*. Dit is terug te vinden in de ruimtelijke verspreiding van de 1km-hokken van groep D. Ze komen voor in de uiterste periferie van de stad: E4-24-41 op de grens van St.-Agatha-Berchem en St.-Jans-Molenbeek en E4-37-33 op het grondgebied van Oudergem, tegen het Zoniënwoud aan.

5.3.4 Correlatie met ecologische factoren

Voor de chemische meetpunten waarvan gegevens beschikbaar zijn, werd een jaargemiddelde berekend voor de concentraties van SO_2, NO, NO_2, O_3, CO en CO_2 op basis van de laatste zes maanden van 1999 en de eerste zes maanden van 2000 (tab. 5). De ruimtelijke spreiding van deze waarden gaf echter aan dat deze data niet gebruikt kunnen worden voor gebiedsdekkende intrapolaties. Voor SO_2 bijvoorbeeld kunnen zelfs aangrenzende 1km-hok zeer sterk verschillen in berekende waarden. Zo werd voor E4-25-41 een gemiddelde concentratie van 96 µg/m^3 gemeten, terwijl voor de aangrenzende coördinaten E4-25-32 en E4-25-42 een gemiddelde concentratie van 11 µg/m^3 werd gemeten. Ook voor de andere polluenten werden dergelijke patronen vastgesteld, waardoor het gebruik van de gegevens ongeschikt is voor het achterhalen van correlaties tussen voorkomen van lichenen en de chemisch gemeten concentraties van de polluenten.



Figuur 7. Ruimtelijke verspreiding van de lichenocoenologische groepen van de TWINSPAN-analyse.
Figure 7. Spatial distribution of the lichenocoenological groups of the TWINSPAN-analysis.

Om alsnog een idee te bekomen van de onderliggende ecologische factoren die de aanwezigheid van de lichenen bepalen, werd een DCA-analyse (Ter Braak 1988) uitgevoerd met alle waarnemingen van 2000, verzameld in 125m-hokken die met een streeplijst werden geïnventariseerd. Bijkomend moesten de waarnemingen worden gedaan op de stam en op bomen met een omtrek groter dan 100 cm. Tab. 6 geeft de samenvatting van de resultaten van de analyse. Fig. 9 toont het scatterdiagram van deze analyse.

De volgorde van de soorten op de assen van de analyse zijn gecorreleerd met ecologische factoren. Het vergelijken van de soortenvolgorde met een daling of stijging van gekende ecologische eigenschappen van de soorten kan indicaties geven van de onderliggende factoren die aan de basis liggen van de ruimtelijke spreiding van de soorten.

Tabel 5. Jaargemiddelde 1999 – 2000 voor diverse polluenten in functie van het meetpunt: SO_2, NO, NO_2 en O_3 in µg/m³, CO in mg/m³ en CO_2 in ppm .
Table 5. Year average 1999 – 2000 for different pollutants in function of the measuring point.

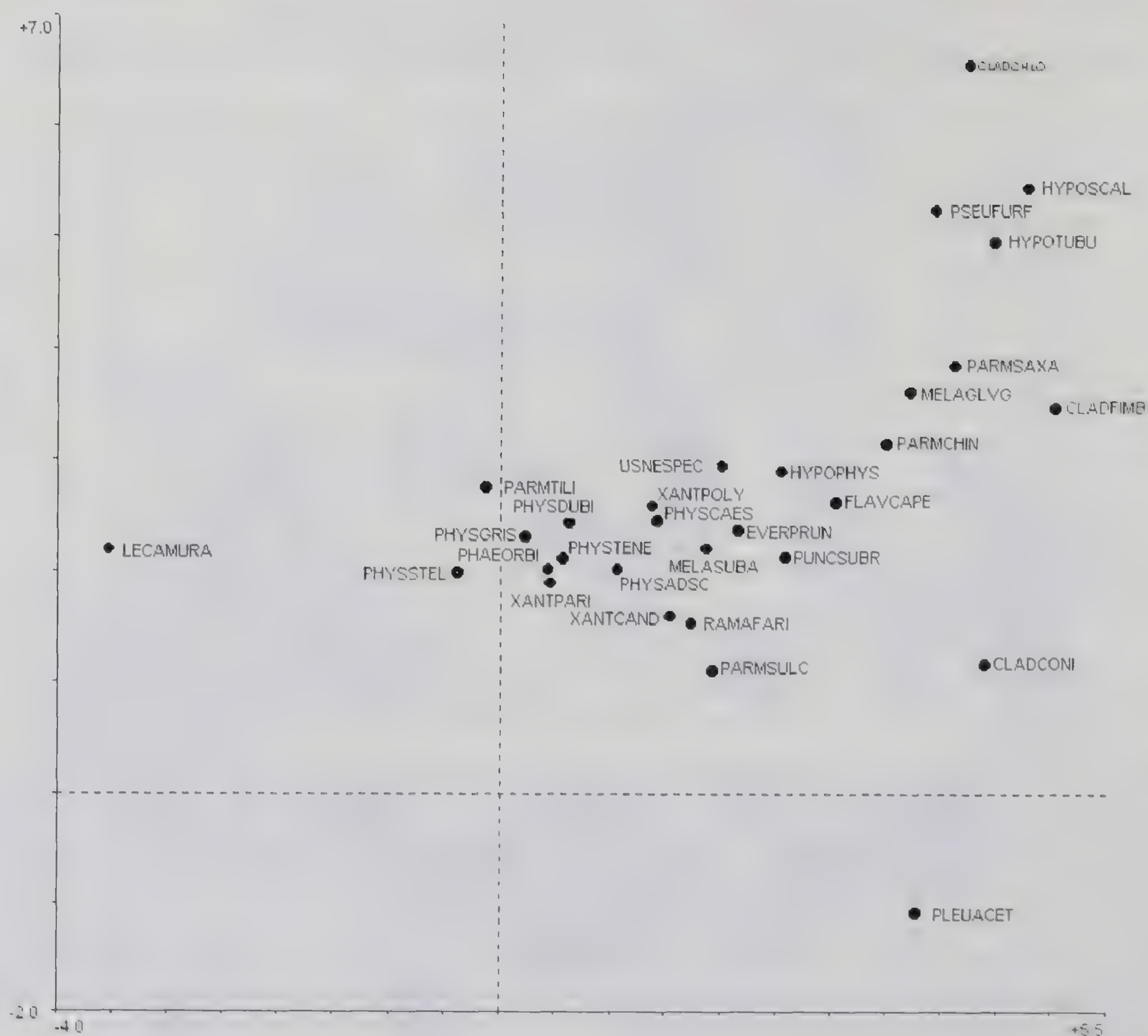
Meetpunt	125m-coördinaat	SO_2	NO	NO_2	O_3	CO	CO_2
21ANDEMM	E4-35-12-13-2	70	-	-	-	-	-
21LAEKMM	E4-15-31-22-2	51	-	-	-	-	-
21MEU1MM	E4-16-32-21-2	55	-	-	-	-	-
21POLIMM	E4-25-43-41-2	96	-	-	-	-	-
21R012MM	E4-45-24-12-1	58	-	-	-	-	-
41B003	E4-25-44-42-2	11	109	71	-	-	-
41B011MM	E4-24-41-12-3	8	12	30	41	65	-
41N043MM	E4-16-33-24-4	10	44	44	29	46	46
41R001M	E4-25-34-21-3	11	27	41	33	55	-
41R002M	E4-36-14-33-3	9	60	51	-	88	404
41R012MM	E4-45-24-12-1	8	8	30	44	-	396
41WOL1MM	E4-26-42-24-2	4	22	46	31	39	-
47E013MM	E4-35-34-31-1	12	14	36	-	-	-

Op As 1 stelt men een soortenvolgorde vast met volledig links, duidelijk gescheiden van de andere soorten, *Lecanora muralis*. Meer naar rechts vindt men de verschillende *Physcia*-soorten, samen met *Xanthoria's* en enkele andere soorten. Hierna volgt ondermeer *Evernia prunastri*, *Ramalina farinacea*, een aantal *Parmelia's* en *Hypogymnia physodes*. Helemaal rechts zijn ondermeer de *Cladonia's* en *Hypogymnia tubulosa* terug te vinden. Uit de soortenvolgorde op As 1 valt van links naar rechts een ecologische gradiënt af te leiden van basisch, stoffig en aangerijkt met stikstof met een sterke eutrofiëring naar zuur, niet stoffig en weinig invloed van stikstof.

Tabel 6. Samenvatting van de resultaten van de DCA-analyse.
Table 6. Summary of the results of the DCA analysis.

As	1	2	3	4
Eigenvalues	.359	.280	.179	.111
Lengths of gradient	5.009	3.473	2.966	3.653
Cumulative percentage of species data	10,8	19,28	24,6	27,9

Aan de rechterkant van de scatterdiagram merkt men een sterke opsplitsing op As 2. Rechtsonder vindt men, duidelijk gescheiden van de andere soorten, *Pleurosticta acetabulum*. *Cladonia chlorophaea*, *Hypocenomyce scalaris*, *Pseudevernia furfuracea* en *Hypogymnia tubulosa* worden aangetroffen in de rechterbovenhoek van het scatterdiagram. De soortenvolgorde van As 2 kan gecorreleerd worden met de natuurlijke schorseigenschappen: onder mineralenrijk, boven voedselarm. Uit het scatterdiagram kan worden afgeleid dat deze schorseigenschappen enkel tot uiting komen in de omstandigheden aan de rechterkant van As 1. Een sterke eutrofiëring zorgt blijkbaar voor een nivelering van deze schorseigenschappen.



Figuur 8. Scatterdiagram van de DCA-analyse.
Figure 8. Scatter diagram of the DCA analysis.

Fig. 9 toont de ruimtelijke spreiding van de sample scores van As 1 van de DCA-analyse, ingedeeld in tien categorieën. Deze figuur geeft een afspiegeling van de dominante ecologische factor die van belang is voor de spreiding van de epifytische macrolichenen in Brussel. De eerder voedselrijkere situaties, aangegeven met de lichtere grijstinten, worden vooral aangetroffen in het centrum van de agglomeratie. Naar de rand van de stad is er blijkbaar meer sprake van voedselarmere situaties, aangegeven met de donkere grijstinten.

Uit deze resultaten komt duidelijk naar voren dat SO_2, evenals andere luchtpolluenten, niet langer de enige bepalende factor is voor de verspreiding van de licheenflora in Brussel. Men kan stellen dat de concentraties SO_2 dusdanig lage niveaus hebben bereikt, dat deze niet langer onderliggende ecologische factoren maskeren. Eigenschappen als voedselrijkdom en natuurlijke schorseigenschappen zijn anno 2000 bepalender voor de voorkomen van de lichenologische soortensamenstelling.



Figuur 9. Ruimtelijke verspreiding van de sample scores van As 1 van de DCA-analyse.
Figure 9. Spatial distribution of the sample scores of Axis 1 of the DCA-analysis.

De rol van straatvuil, honden en dergelijke is vermoedelijk te verwaarlozen als oorzaak voor het eutrofiërende effect van de stadsrand naar het stadscentrum. Alle waarnemingen, gebruikt voor de analyse, zijn afkomstig van de stam. De waarnemingen aan de basis van de stam werden uitgesloten. Speelt eutrofiëring vanuit het landelijk gebied, in hoofdzaak stikstof, fosfor en kalium, een rol? Door een aanrijking van ondermeer de lucht met nutriënten kan een eutrofiëring plaatsvinden. Belangrijke hoeveelheden nutriënten worden in het milieu gebracht door de landbouw (ca 60 % van de totale emissies door bemesting, veeteelt), industrie (ca 23 % van de totale emissies door verbrandingsprocessen, lozingen van afvalwater), huishoudens (ca 12 % van de totale emissies door lozingen van afvalwater) en verkeer (ca 5 % van de totale emissies door verbrandingsprocessen). Vanongeval et al. (1999) toont aan in het zuidwesten van Brussel een verhoogde stikstofdepositie ten opzichte van de aangrenzende delen van Vlaanderen waarneembaar is,

vermoedelijk te wijten aan landbouwactiviteiten. Dit kan echter niet de eutrofiëring in het stadscentrum verklaren. Het Brussels Instituut voor Milieubeheer (2000) toont echter eveneens een verhoogde concentratie NO en NO_2 aan in het stadscentrum in de periode 1997 tot en met 1999, in hoofdzaak te wijten aan verbrandingsprocessen. NO_2 is één van de belangrijkste precursoren van ozon onder de geschikte metereologische condities, waardoor NO_2 onrechtstreeks een effect kan hebben op lichenen. Dit verklaart echter niet de eutrofiëring. Een mogelijke verklaring voor de toenemende eutrofiëring van de stadsrand naar het stadscentrum zouden dan ook deze verbrandingsprocessen kunnen zijn. Brussel is een groene stad, omgeven door parken met suburbaan veel grote en open dreven. De verkeersintensiteit ligt in de stadsrand hoog, maar wordt sterk gekanaliseerd in bepaalde dreven. De tuinen zijn groter, waardoor de verbranding van huisverwarming sterker 'verdund' wordt. In het centrum zijn de parken veel kleiner en komen veel minder bomen voor. De verkeersintensiteit ligt hier overal hoog. De verbranding van huisverwarming is intenser. Een hogere relatieve aanwezigheid van verbrandingsgassen in het centrum geeft aanleiding tot hogere concentraties NO_X die op hun beurt weer aanleiding zouden kunnen zijn voor de eutrofiëring? Van Herk (2001) toont echter in Nederland aan dat dergelijke gradiënten met betrekking tot verbranding door verkeer niet voorkomen langs drukke wegen buiten stadscentra. Enkel NO_x kan vermoedelijk geen volledige verklaring geven voor het fenomeen. Mogelijk zou het nitraatgehalte in de droge of natte depositie eveneens een belangrijke verklarende factor kunnen zijn. Toch kan ook dit niet alles verklaren. Nitrofyten zijn namelijk veel meer gebaat bij een hoge pH dan bij een hoog stikstofgehalte van het substraat. Noch NO_X, noch NO_3-zouten geeft echter aanleiding tot een pH-verhoging van het substraat (van Herk 2001). Aangezien stikstof overal reeds in overmaat aanwezig is, zou NO_3 geen extra stimulans mogen vormen voor nitrofyten. Eventueel kan NO_3-houdend fijn stof een deel van de verklaring vormen. Uit metingen in Nederland blijkt dat de concentraties hiervan in bepaalde steden hoog oplopen. Het pH-verhogend effect hiervan is aangetoond en van basische stof is bekend dat nitrofyten daar sterk op reageren. Of NO_x daar als bronstof een belangrijke rol speelt, is momenteel onbekend. Uit metingen in Nederland blijkt overigens dat het nitraatgehalte van boomschors in een aantal steden en dorpen niet hoger is dan in het landelijk gebied (van Herk 2001). Een sluitende verklaring voor het fenomeen van eutrofiëring van de stadsrand naar het stadscentrum kan momenteel dan oon niet gegeven worden. Toch wordt dit fenomeen niet enkel in Brussel waargenomen. Ook in andere geürbaniseerde regio's in Europa is dit waar te nemen.

5.4 Vergelijking met andere urbane gebieden

5.4.1 Bonn

In de zomer van 1997 inventariseerde Dilg (1999) mossen en lichenen in de Duitse stad Bonn. Er werd gebruikgemaakt van diverse forofytsoorten. In totaal werden er 38 mossen en 54 lichenen gevonden, waarvan 34 macrolichenen. Net als Brussel werd Bonn enkele decennia geleden bestempeld als een lichenologische woestijn. Met deze inventarisatie werd aangetoond dat dit niet langer van toepassing is. Op basis van de soortensamenstelling werd Bonn, met uitzondering van het aansluitende bosgebied, opgedeeld in vier luchtkwaliteitsklassen. Er werd een zwakke correlatie aangetoond tussen de lichenologische samenstelling van de standplaatsen en de gemiddelde SO_2-winterconcentratie. Vermoed wordt dat de maximale concentraties van SO_2 als minimumfaktor voor het voorkomen van epifyten in steden een rol speelt. Naast deze zwakke correlatie werd in Bonn eveneens een toenemende eutrofiëring door stikstofverbindingen en stof vastgesteld. Een groot deel van de invasieve soorten kon

worden bestempeld als nitrofyt. Deze eutrofiëring werd eveneens geïllustreerd door een lichte toename van de epifytische algenbedekking in de centrale delen van de stad.

5.4.2 Londen

Davies et al. (2002) onderzochten corticole lichenen op vijf locaties met *Fraxinus excelsior* en één locatie met *Quercus* in Londen. Drie van de locaties waren gelegen aan de rand van Londen, drie andere in het centrum. In totaal werden 56 verschillende soorten aangetroffen, waarvan 26 macrolichenen. De hoogste diversiteit werd aangetroffen aan de rand van Londen. Het soortenaantal ligt zeer hoog, rekening houdend met het beperkt aantal geïnventariseerde bomen. Bepaalde soorten werden opnieuw aangetroffen na 50 jaar en andere soorten werden zelfs voor de eerste maal aangetroffen in de omgeving van Londen. De soortenrijkdom werd gecorreleerd met dalende concentraties van SO_2 en toenemende concentraties aan stikstof. Een hoog aantal nitrofyten doet vermoeden dat geöxideerde stikstof geässimileerd wordt door meerdere soorten en bevorderlijk is voor soorten die als indicatief beschouwd worden voor geëutrofiëerde gebieden. Er werd eveneens aangetoond dat op *Fraxinus excelsior* in het centrum van Londen significant minder soorten voorkomen dan aan de rand van Londen.

5.4.3 Ruhrgebied

Kricke (2002) inventariseerde van 1998 tot 2001 epifytische lichenen in het Duitse Ruhrgebied. Op basis van vergelijkingen met vroeger uitgevoerde studies kon worden vastgesteld dat een relatief soortenrijke epifytische licheenflora zich heeft ontwikkeld. Dit is een gevolg van de drastische afname van de immissiebelastingen. Het soortenaantal steeg van een drietal in het midden van de jaren '60 tot momenteel meer dan 60. Van deze 60 soorten zijn er 36 macrolichenen. De lichenologische gemeenschappen worden gekenmerkt door een hoog aandeel aan nitrofyten. Deze worden bevorderd door de aanrijking van het substraat door stikstofverbindingen. Vooral *Physciaceae* en *Xanthoriaceae* evolueren hierdoor positief. Een toename van groenwieren is eveneens een indicatie van de toename aan stikstofverbindingen in het schorssubstraat. In vergelijking met andere urbane regio's is de herkolonisatie van het Ruhrgebied relatief langzaam verlopen. Dit heeft vermoedelijk te maken met de langzame ontgiftigings- en ontzuringsprocessen van het schorssubstraat en de beperkte diasporenvoorraad van deze soorten in het Ruhrgebied. Op basis van het herkolonisatieproces werd een model ontwikkeld dat de terugkeer van lichenen in urbane gebieden in drie fasen beschrijft.

6

Bibliografie

Aptroot A. & van Herk K. (1994) Veldgids korstmossen: 144 p. Stichting Uitgeverij Koninklijke Nederlandse Natuurhistorische Vereniging.

Aptroot A., van Herk K., Sparrius L. & van den Boom P. (1999) Checklist van de Nederlandse lichenen en lichenicole fungi. *Buxb.* **50**: 4 – 63.

ArcView (1996) Using ArcView GIS: 340 p. Environmental Systems Research Institute Inc.

Barkman J.J. (1958) On the ecology of cryptogamic epiphytes with special reference to the Netherlands: 202 p. + foto's + stellingen. Doctoraat Rijksuniversiteit Leiden.

Barkman J.J. (1963) De epifytenflora en –vegetatie van Midden – Limburg (België): 46 p. + kaart. *Verhandelingen der Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, afdeling Natuurkunde, Tweede Reeks, Deel LIV*, **4**.

Brichau I., Ameeuw G., Gryseels M. & Paelinckx D. (2000) Biologische Waarderingskaart, versie 2 / Carte d'Evaluation Biologique, version 2 – Kaartbladen / Feuilles 31 – 39: 203 p. + 18 kaartbladen / feuilles. Instituut voor Natuurbehoud en Brussels Instituut voor Milieubeheer / Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement. Mededelingen van het Instituut voor Natuurbehoud 15, Brussel / Communications de l'Instituut voor Natuurbehoud 15, Bruxelles.

Brussels Instituut voor Milieubeheer (1997) Staat van het leefmilieu in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest 1996: 32 p. De Schriftjes van de Dienst Milieustatistiek nr. 7.

Brussels Instituut voor Milieubeheer (2000) De luchtkwaliteit in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest – Immissiemetingen 1997 – 1998 – 1999: 153 p. Technisch rapport Brussels Instituut voor Milieubeheer.

Davies L., James P.W., Chimonides J.H. & Purvis O.W. (2002) Effects of NO_x and NH_3 on lichen communities and urban ecosystems – Corticolous lichens in Londen: 89 p. Report produced by Imperial College & The Natural HistoryMuseum, as partners in the A.P.R.I.L. Network for the Department for Environment, Food and Rural Affairs.

De Bakker A. (1984) Herkolonisatie van Zuid-west Nederland door epifytische lichenen bij dalende SO_2-concentraties. *Buxb.* **16**: 18 – 23.

Diederich P. & Sérusiaux E. (1999) The Lichens and Lichenicolous Fungi of Belgium and Luxembourg – An Annotated Checklist: 207 p. Musée nationale d'histoire naturelle Luxembourg.

Dilg C. (1999) Kartierung epiphytischer Moose und Flechten im Stadtgebiet von Bonn. *Decheniana* **152**: 105 – 115.

Ferry B.W., Baddeley S.M. & Hawksworth D.L. (Eds.) (1973) Air pollution and lichens: 389 p. Athlone Press of the University of London.

Geebelen W. (1995) Onderzoek naar de relatie tussen reële luchtvervuilingsmetingen en het voorkomen van epifyten in Vlaanderen: 146 p + tabellen. Eindverhandeling Rijksuniversiteit Gent, niet gepubliceerd.

Gilbert O.L. (1989) The ecology of urban habitats. Chapman and Hall.

Gilbert O.L. (1992) Lichen reinvasion with declining air pollution: 159 - 177. In Bates J.W. & Farmer A.M. (Eds.) Bryophytes and lichens in a changing environment. Claredon Press.

Hale M.E. (1968) Lichen Handbook – A Guide to the Lichens of eastern North America: 178 p. Smithsonian Institution Press.

Hale J. (1983) The Biology of Lichens: 190 p. 3rd ed., Edward Arnold.

Hawksworth D.L. & Rose F. (1970) Qualitative Scale for estimating Sulphur Dioxide Air Pollution in England and Wales using Epiphytic Lichens. *Nature* **227**: 145 – 148.

Henderson A. (2000) Literature on air pollution and lichens XLIX. *Lichenologist* **32** (1): 89 – 102.

Hill M.O. (1979) TWINSPAN, a FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of the individuals and attributes: 48 p. Ecology and systematics Cornell University.

Hoffmann M. (1993) Verspreiding, fytosociologie en ecologie van epifyten en epifytengemeenschappen in Oost- en West-Vlaanderen: 763 p. Doctoraat Rijksuniversiteit Gent.

Iserentant R. & Margot J. (1963) Onderzoek naar de luchtbezoedeling in de Kanaalzone Gent – Terneuzen: 18 p. Intern rapport deel 2 biologische enquête.

Kirkpatrick A. (1976) Contribution à l'étude écologique de l'écosystème urbain. Les arbres et leurs épiphytes d'après un transect N.S. traversant l'agglomération bruxelloise. Eindverhandeling Université Libre de Bruxelles, niet gepubliceerd.

Kricke R. (2002) Untersuchungen zur epiphytischen Flechtenvegetation in urbanen Gebieten, dargestellt an der Rückkehr der Flechten in das Ruhrgebiet und ausgewählter Nachbargebiete: 214 p. Inaugural Dissertation Universität Essen.

Lambinon J., De Langhe J.-E., Delvosalle L. & Duvigneaud J. (1999) Flora van België, het Groothertogdom Luxemburg, Noord-Frankrijk en de aangrenzende gebieden (Pteridofyten en Spermatofyten): 1091 p. Nationale Plantentuin van België.

Le Blanc F. & De Sloover J. (1970) Relation between industrialization and the distribution and growth of epiphytic lichens and mosses in Montreal. *Can. J. Bot.* **48**: 1485 – 1496.

Nimis P.L., Castello M. & Perotti M. (1990) Lichens as biomonitors of sulphur dioxide pollution in La Spezia (Northern Italy). *Lichenologist* **22** (3): 333 – 344.

Nylander W. (1866) Les Lichens du Jardin du Luxembourg. *Bull. Soc. bot. Fr.* **13**: 364 – 372.

Purvis O.W., Coppins B.J., Hawksworth D.L., James P.W. & Moore D.M. (1992) The Lichen Flora of Great Britain and Ireland: 710 p. The British Lichen Society.

Rose C.I. & Hawksworth D.L. (1981) Lichen recolonization in London's cleaner air. *Nature* **289**: 289 – 292.

Sansen U. & Deronde L. (1990) Lichenometry of *Lecanora muralis* as a method for an air pollution survey by school children. *Verh. Kon. Belg. Bot. Ver.* **12**: 100 – 110.

Schöller H. (1997) Flechtensymbiose und Flechtenthallus. In Schöller H. (Ed.) Flechten: Geschichte, Biologie, Systematik, Ökologie, Naturschutz and kulturelle Bedeutung. *Kleine Senckenberg-Reihe* **27**: 15 – 47.

Seaward M.R.D. (1997) Urban deserts bloom: a lichen renaissance. *Bibliotheca Lichenologica* **67**: 297 – 309.

Siegel S. (1956) Nonparametric statistics for the behavioral sciences: 312 p. Internal student edition McGraw – Hill.

Tanghe M., Richel T., Crisan F. & Sérusiaux E. (1996) Première approche à la flore macrolichènique de la région de Bruxelles-Capitale en situation de dépollution au SO_2. *Belg. J. Bot.* **129**: 38 – 46.

Ter Braak C.J.F (1988) Canoco – A FORTRAN program for canonical community ordination by (partial) (detrended) (canonical) correspondence analysis, principal components analysis and redundancy analysis – version 2.1: 81 p. Wageningen.

Van der Gucht K. & Hoffmann M. (1990) The impact of air pollution on the occurrence of erticolous and saxicolous lichens in the industrial area north of Ghent (Belgium). *Mém. Soc. Roy. Bot. Belg.* **12**: 111 – 126.

Van der Poorten A. (1997) A bryological survey of the Brussels Capital Region (Belgium). *Scripta Bot. Belg.* **14**: 1 – 39 + verspreidingskaarten.

Van Herk C.M. (2001) Bark pH and susceptibility to toxic air pollutants as independent causes of changes in epiphytic lichen composition in space and time. *Lichenologist* **33** (5): 419 – 441.

Van Herk C.M. & Aptroot A. (2000) The sorediate *Punctelia* species with lecanoric acid in Europe. *Lichenologist* **32** (3): 233 – 246.

Van Herk C.M., Aptroot A. & van Dobben H.F. (2002) Long-term monitoring in the Netherlands suggests that lichens respond to global warming. *Lichenologist* **34**: 141 - 154.

Van Herk K. (2000) Korstmossen in de stad. *De Levende Natuur* **101**: 201 – 202.

Van Herk K., Aptroot A. & Sparrius L. (1999) Goed en slecht nieuws over korstmossen. *Natura* **96**: 3 – 6.

Vanholen B. (2000) Usnea in Brussel en omgeving. *Dumortiera* **76**: 7 – 10.

Vanholen B. & De Kesel A. (2000) Inventarisatie en monitoring van de mycoflora en de lichenen van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest – Jaarrapport 1999 werkgroep mycologie: 64 p + bijlagen + kleurenfolder. Intern rapport Nationale Plantentuin van België / Brussels Instituut voor Milieubeheer.

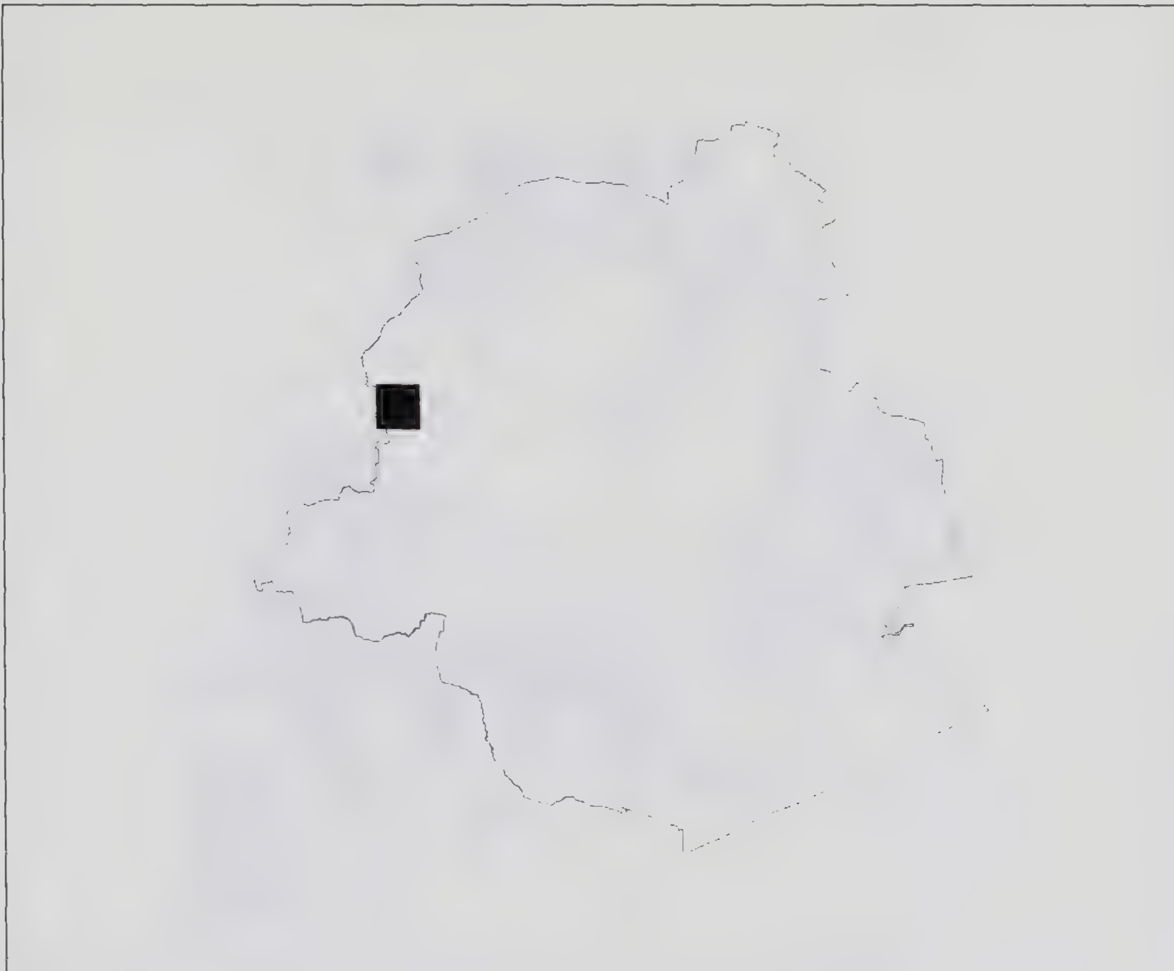
Vanholen B., De Kesel A. & Fraiture A. (2001) Inventarisatie en monitoring van de mycoflora en de lichenen van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest – Eindrapport werkgroep mycologie: 56 pp. + CD-ROM. Intern rapport Nationale Plantentuin van België/Brussels Instituut voor Milieubeheer.

Vanongeval L., Coppens G., Geypens M., Lauwers L., Mensink C. Van Gijseghem D. & Van Steertegem M. (1999) Vermesting. In Vandeweerd V., Brouwers J., Claes I., De Wit W., Van Steertegem M. & Muyle E. (Eds.) Milieu- en natuurrapport Vlaanderen: thema's. Garant, Leuven / Apeldoorn.

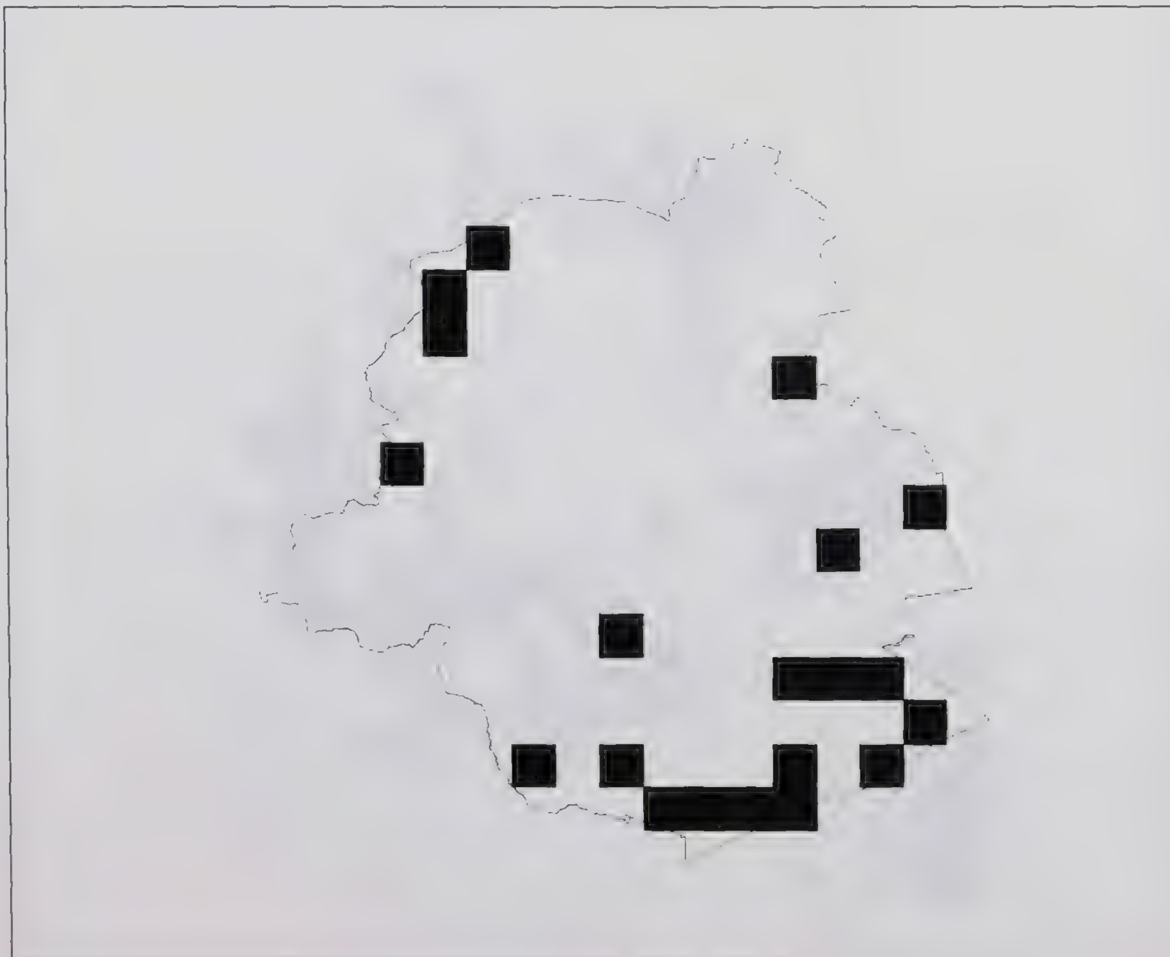
Van Rompaey E. & Delvosalle L. (1978) Atlas de la flore belge et luxembourgeoise. Ptéridophytes et spermatophytes. Commentaires: 116 p. Nationale Plantentuin van België.

Wirth V. (1997) Flechten im außeralpinen Mitteleuropa. In Schöller H. (Ed.) Flechten: Geschichte, Biologie, Systematik, Ökologie, Naturschutz and kulturelle Bedeutung. *Kleine Senckenberg-Reihe* **27**: 15 – 47.

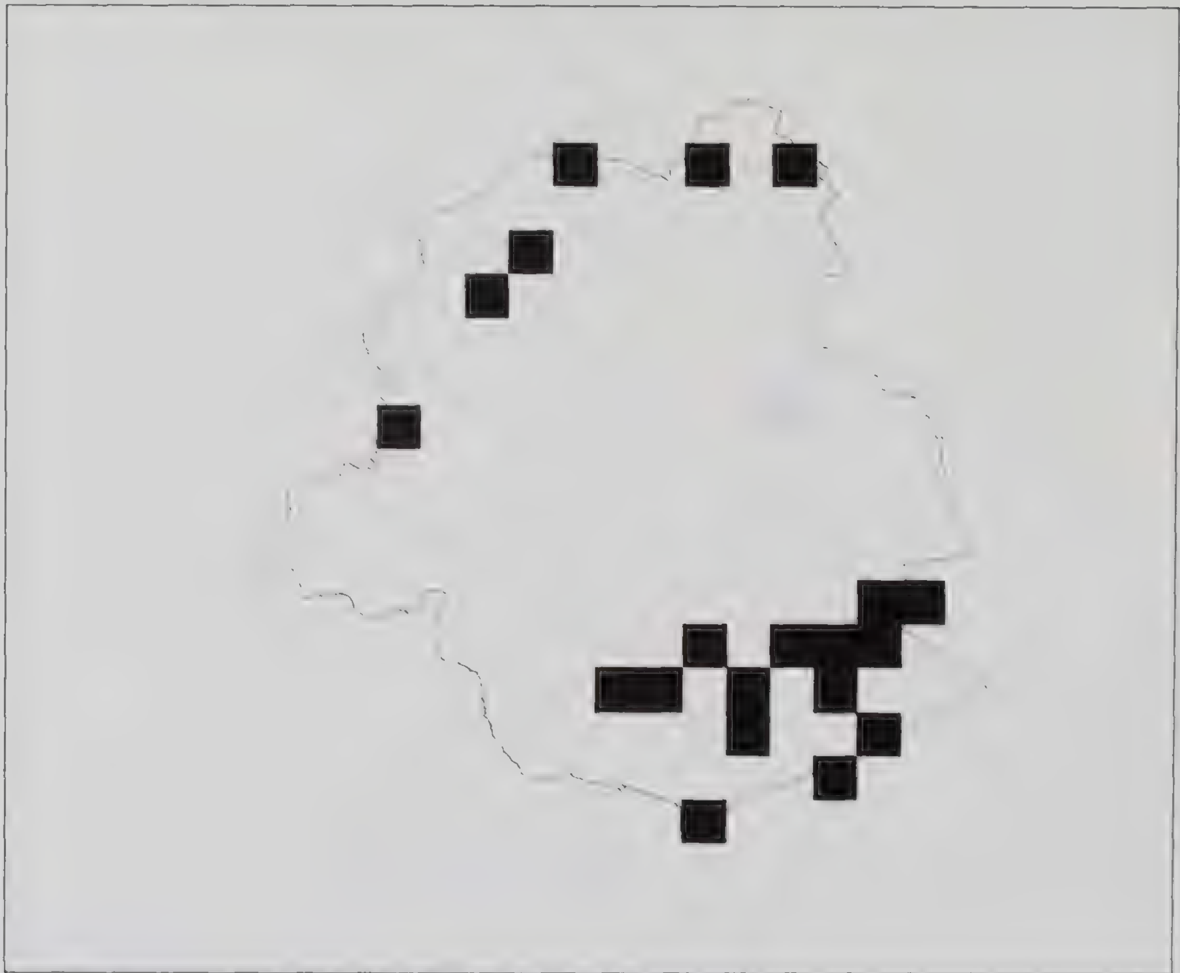
Verspreidingskaarten



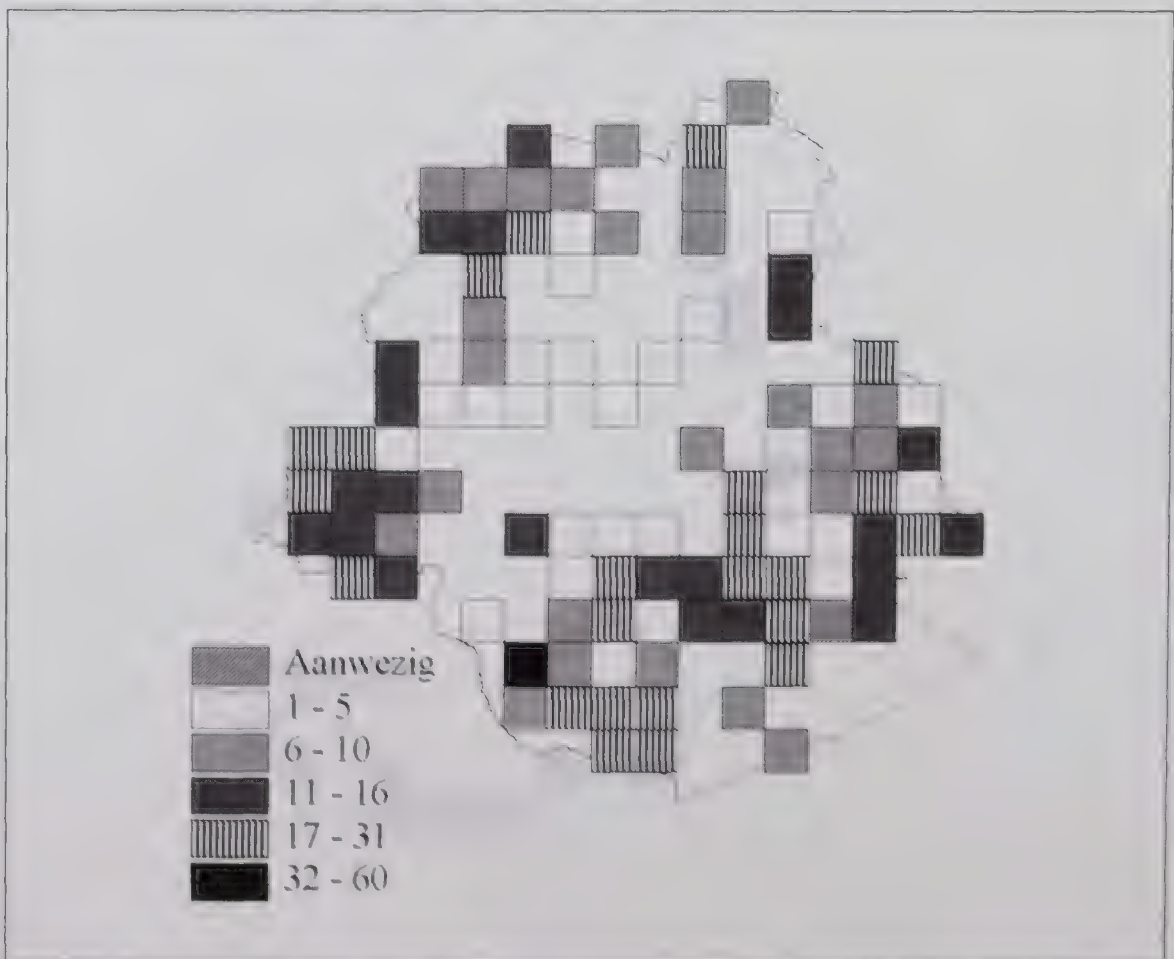
Cladonia chlorophaea



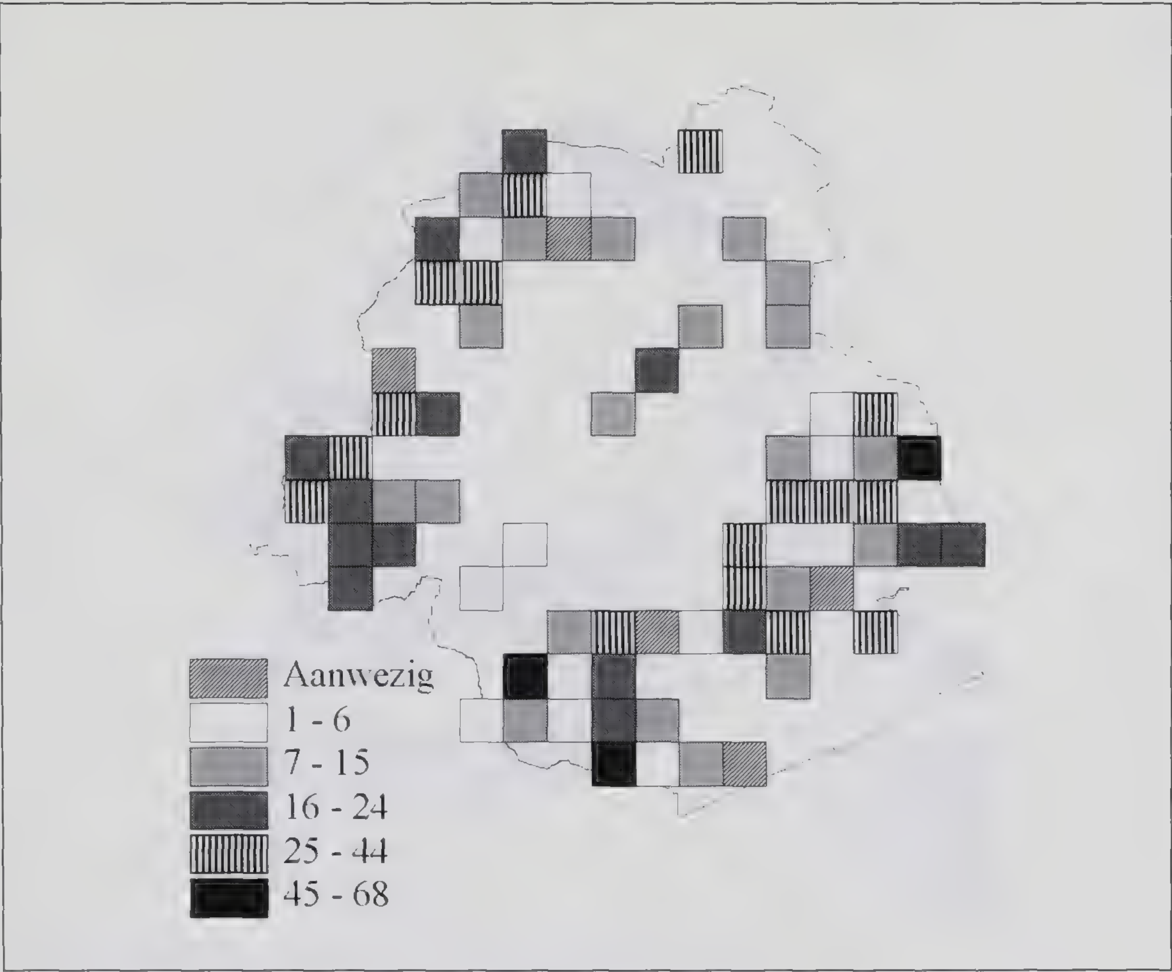
Cladonia coniocraea



Cladonia fimbriata



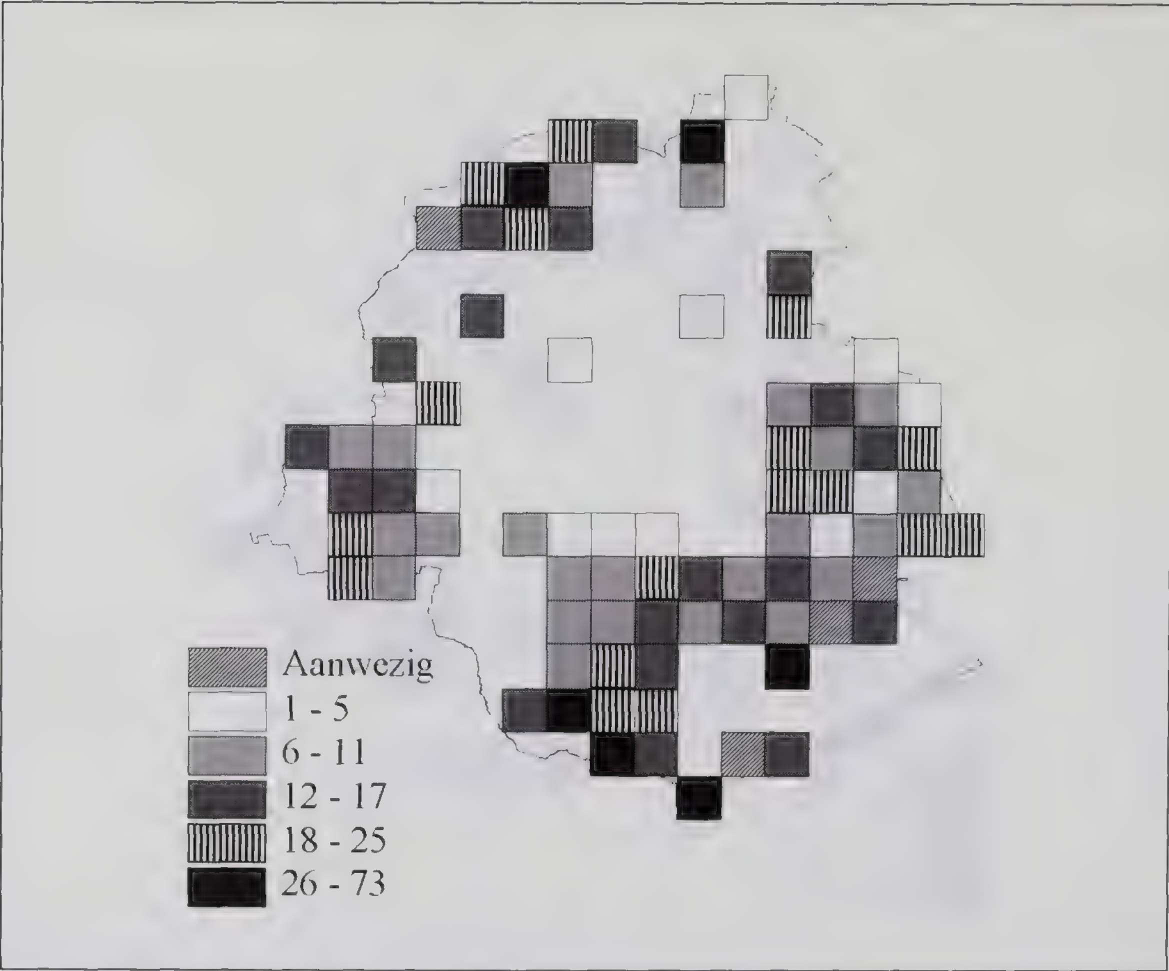
Evernia prunastri



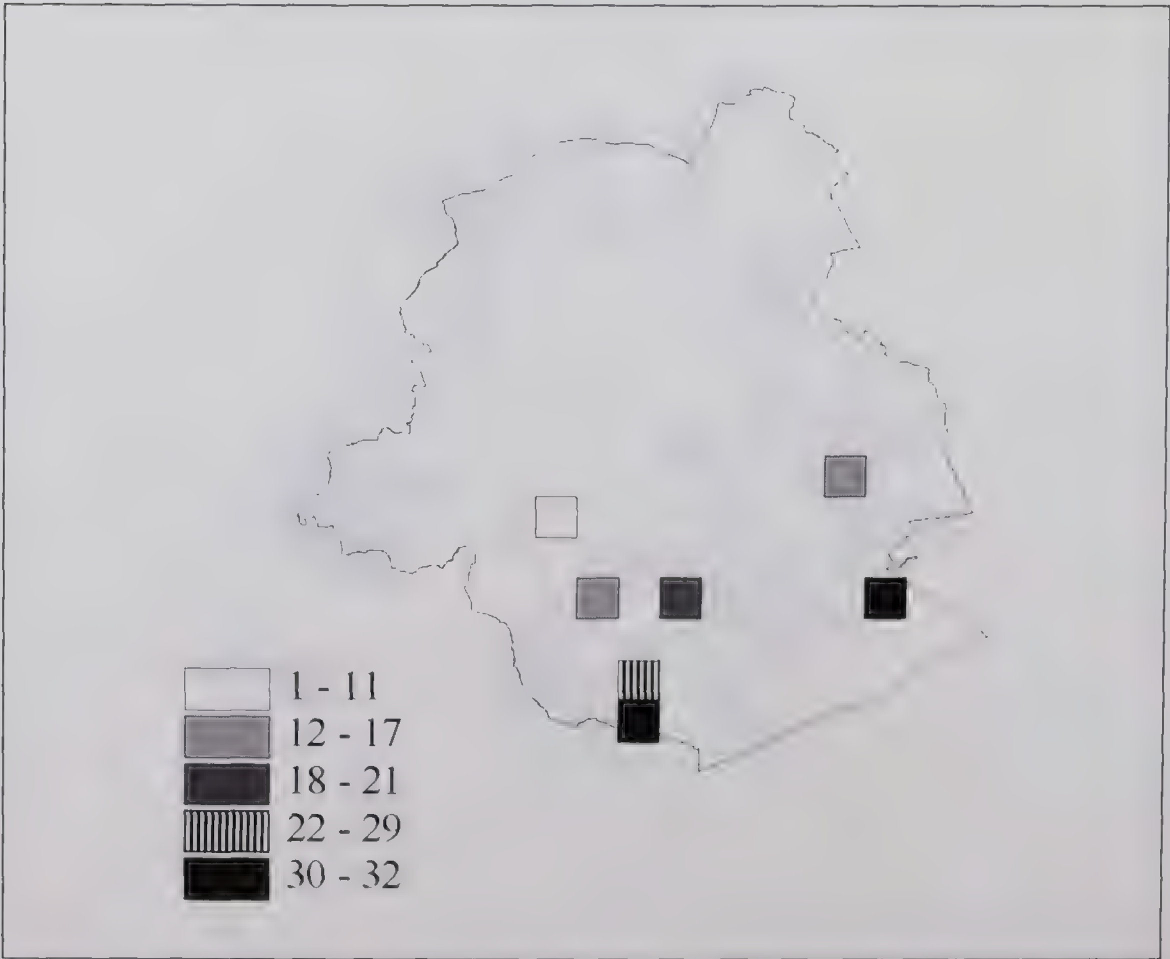
Flavoparmelia caperata



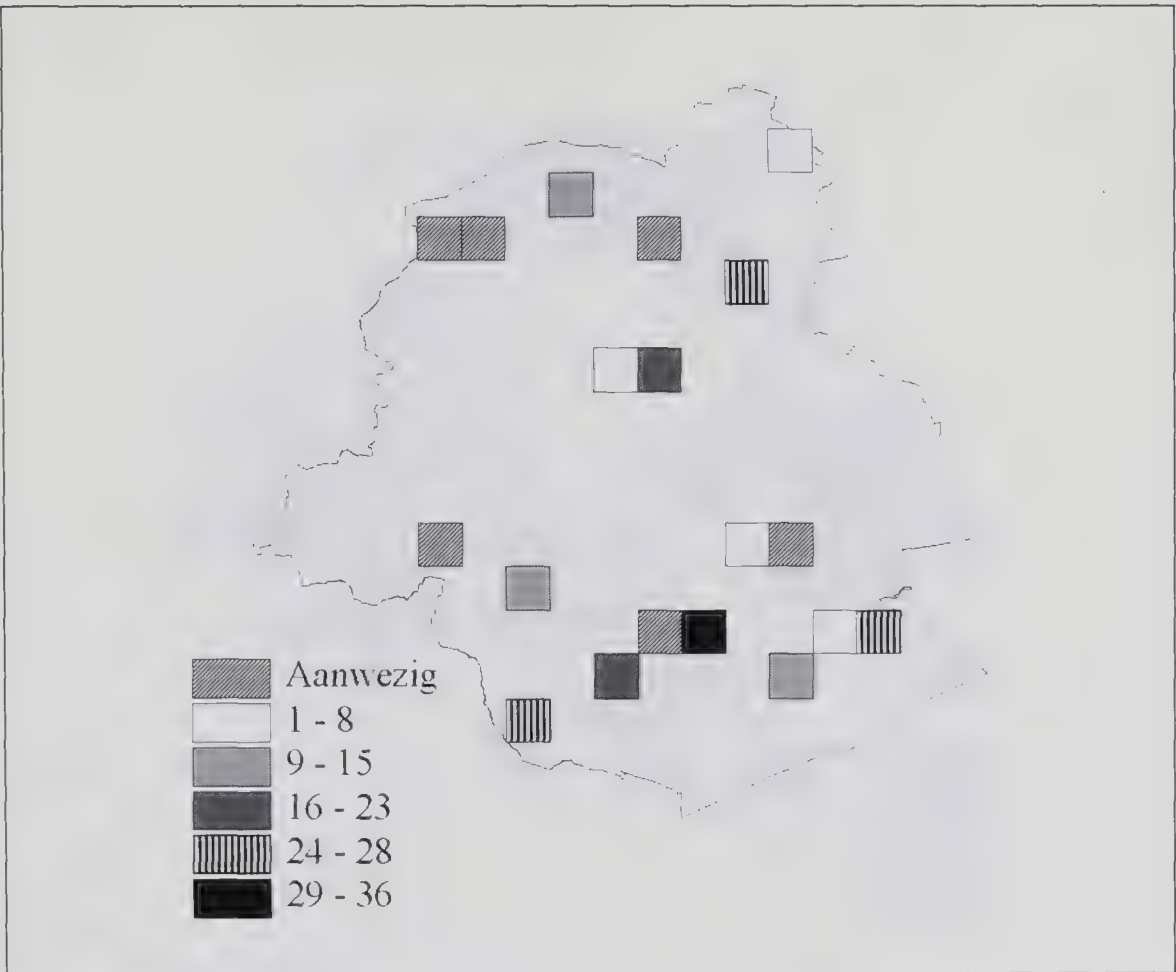
Hypocenomyce scalaris



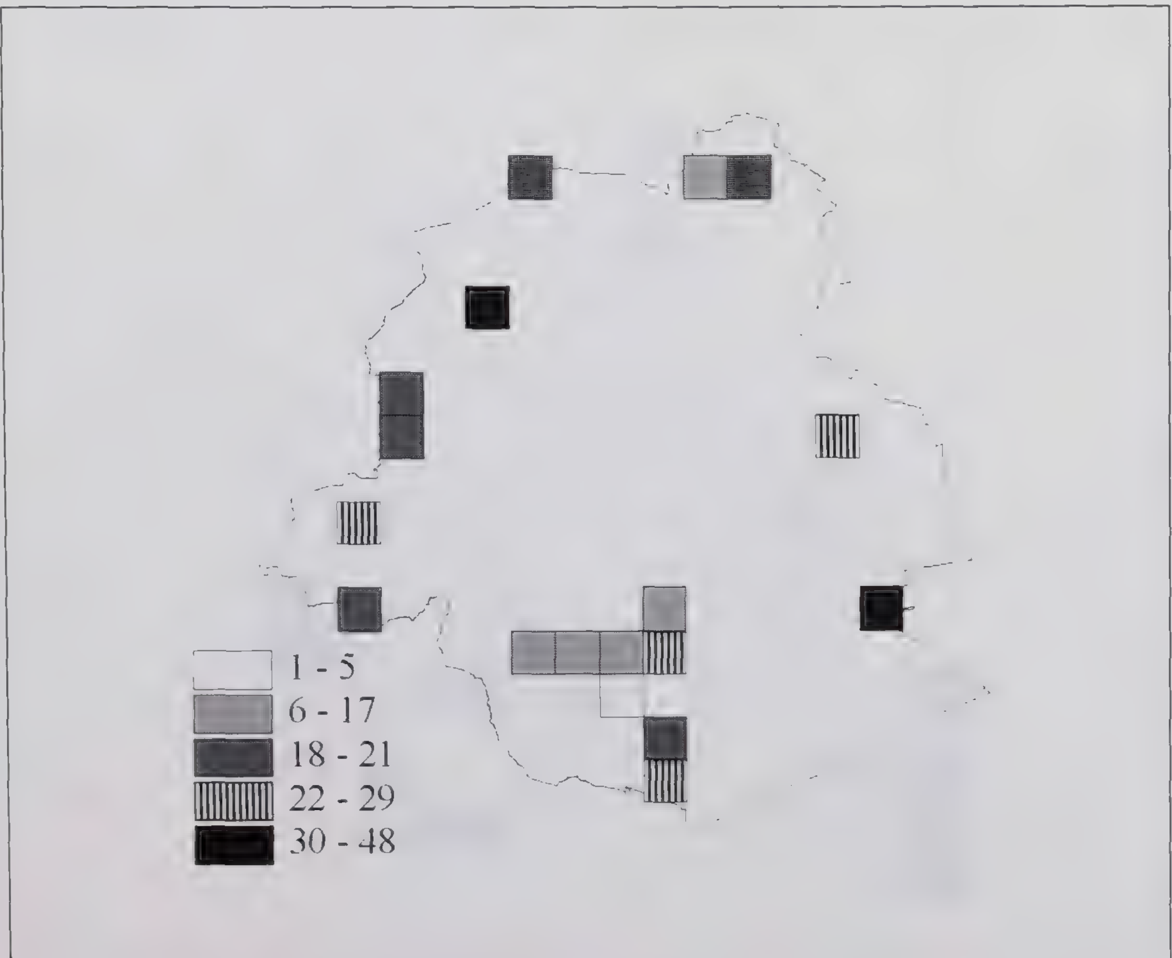
Hypogymnia physodes



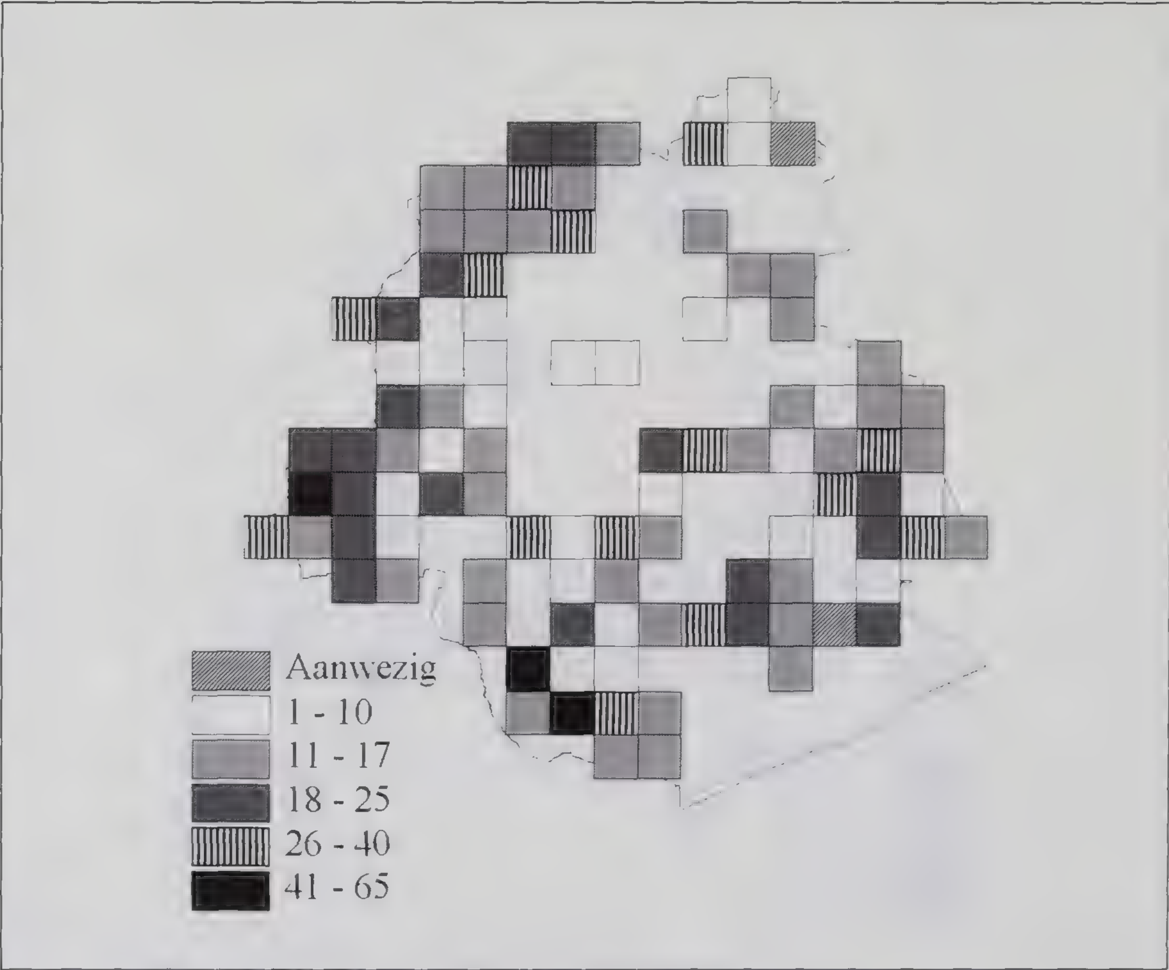
Hypogymnia tubulosa



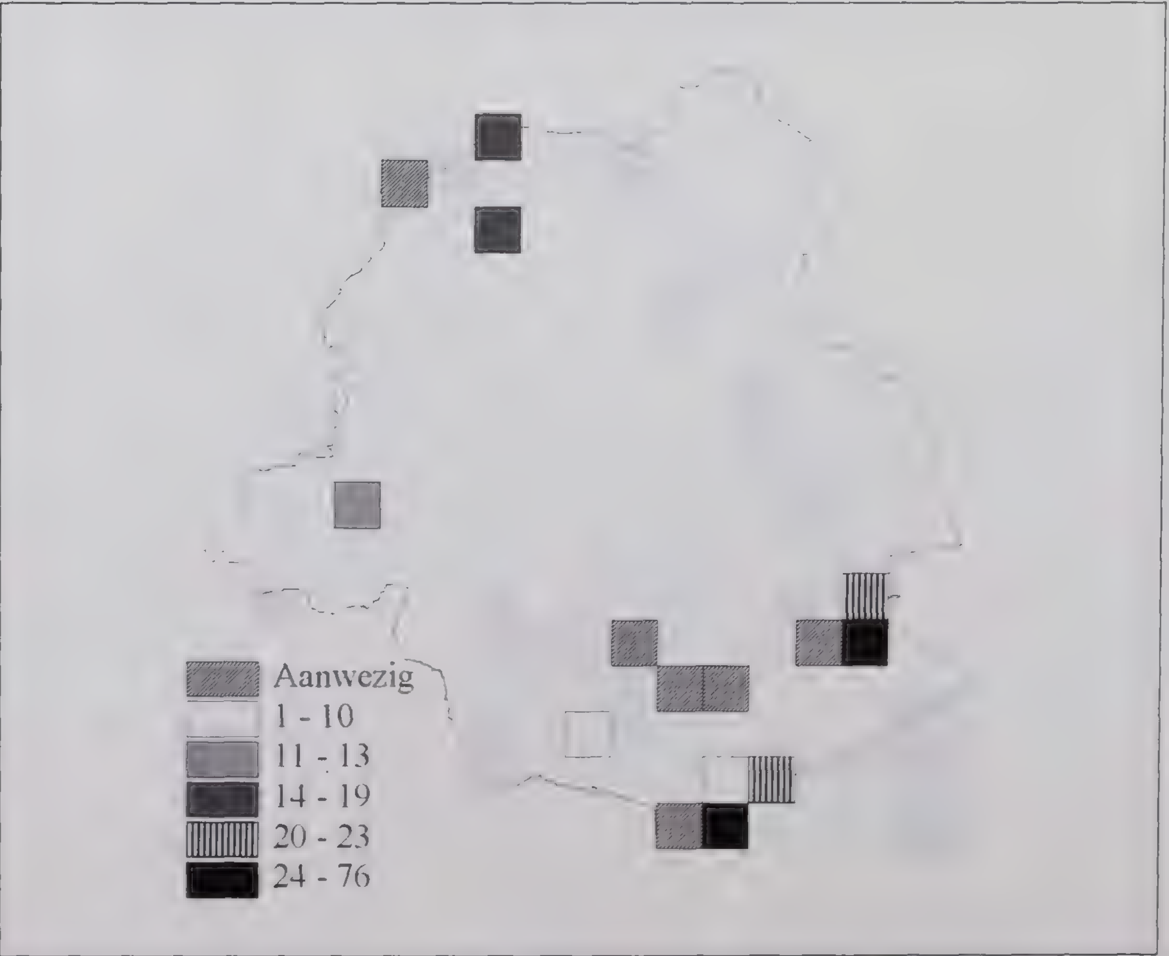
Lecanora muralis



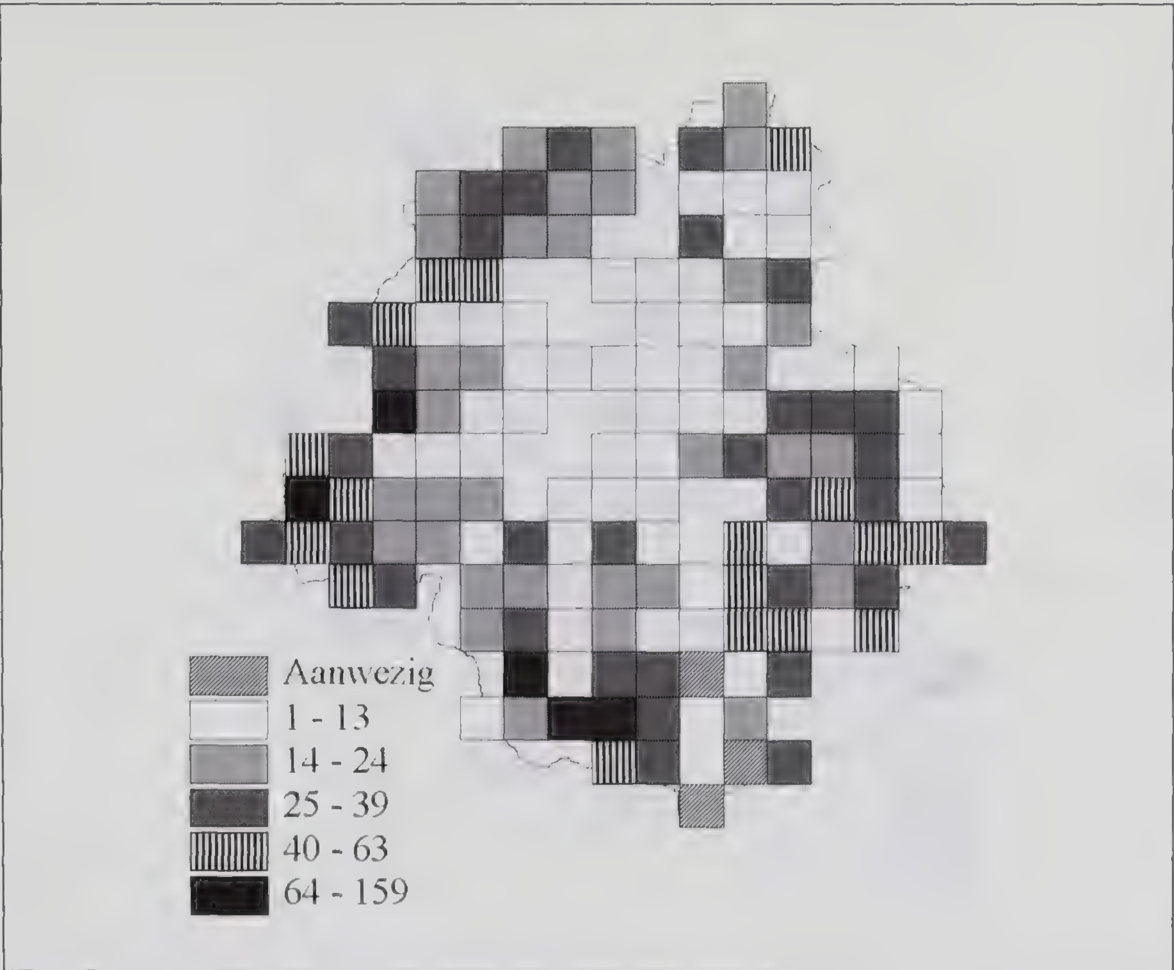
Melanelia glabratula subsp. glabratula



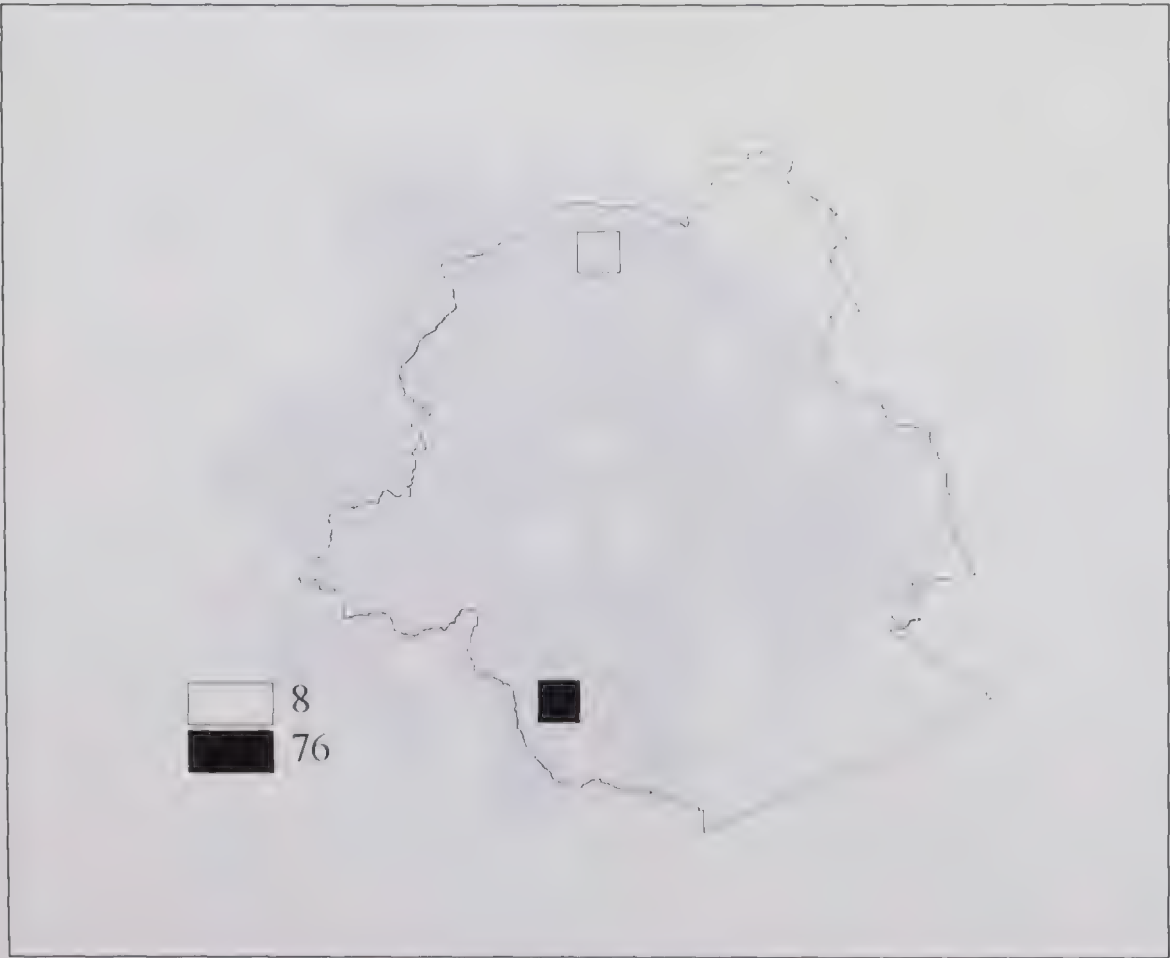
Melanelia subaurifera



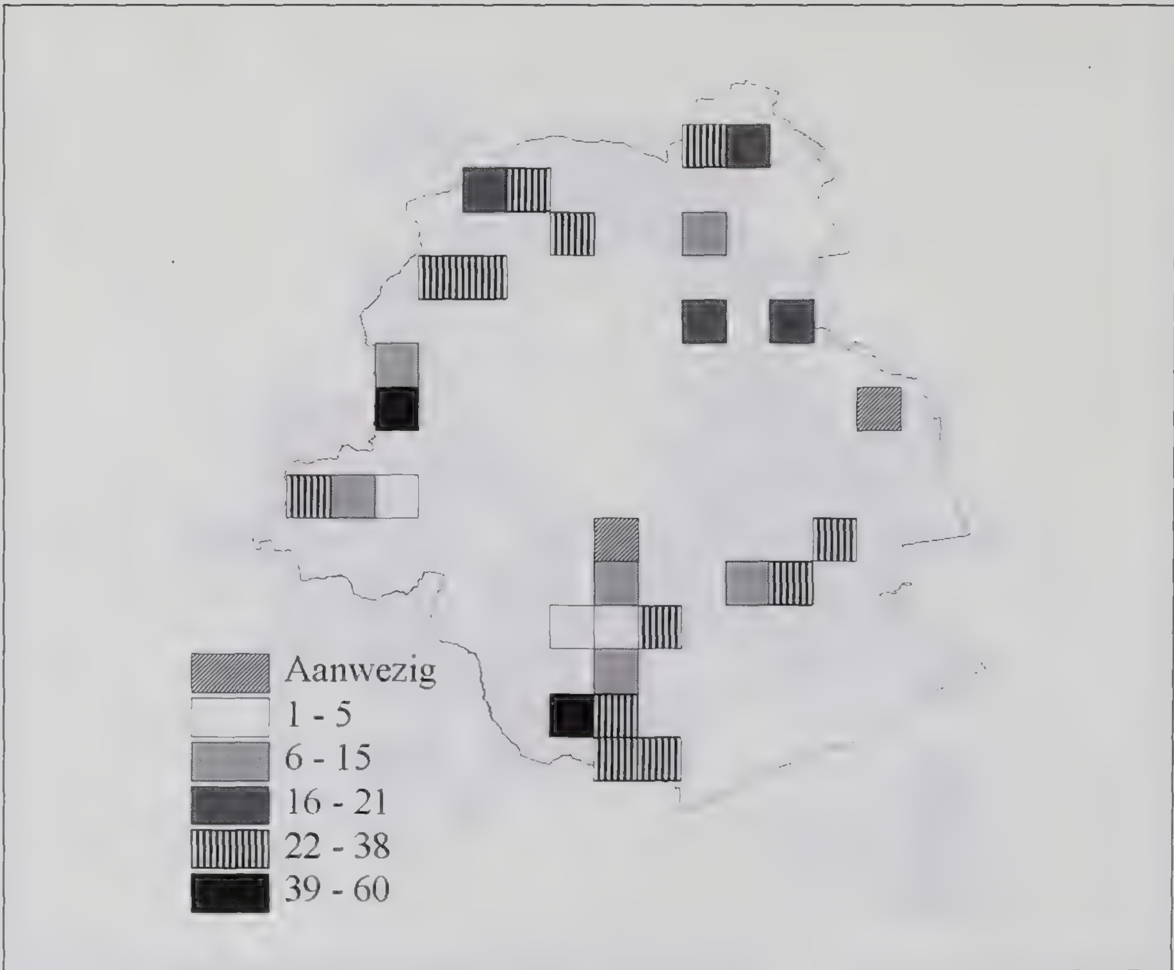
Parmelia saxatilis



Parmelia sulcata



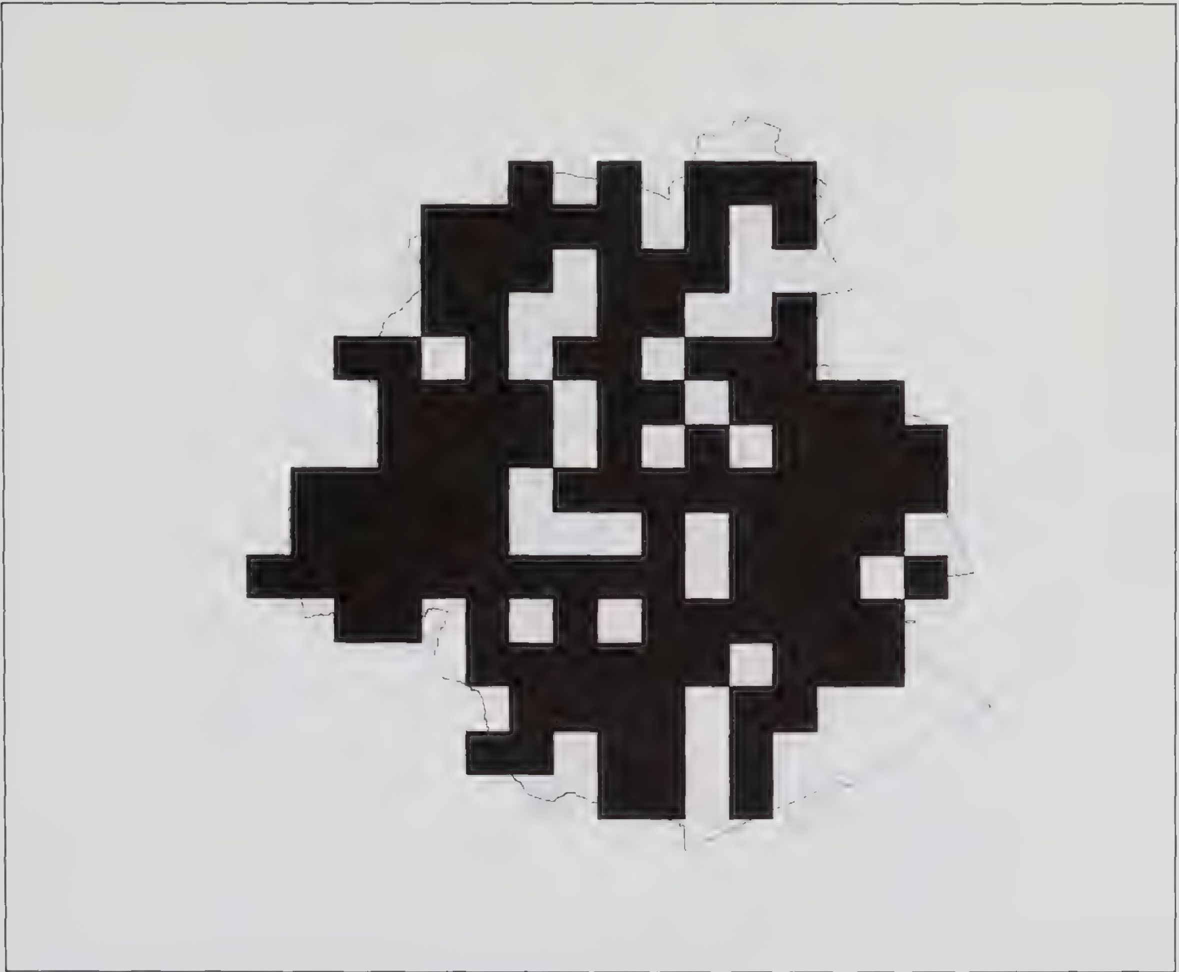
Parmelina tiliacea



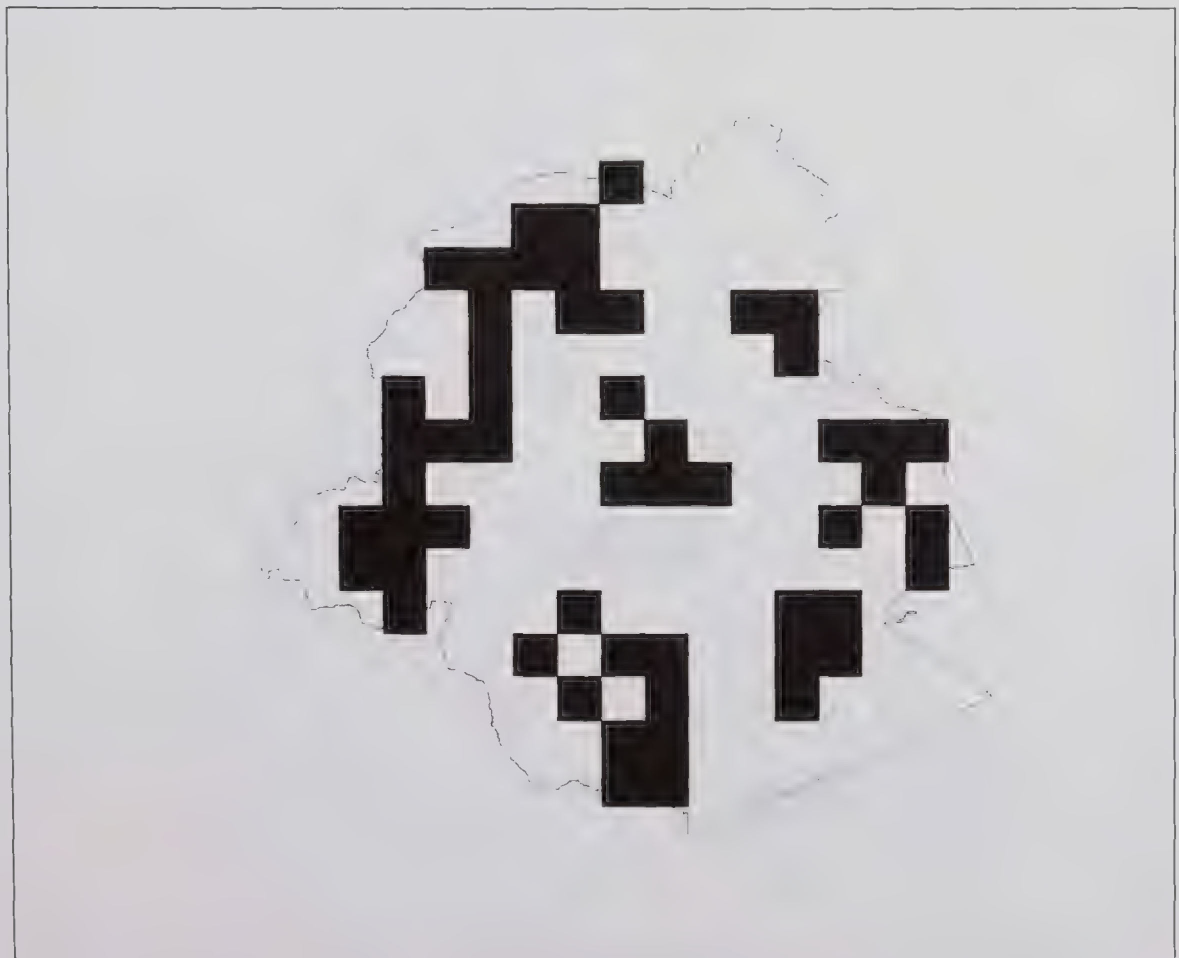
Parmotrema chinense



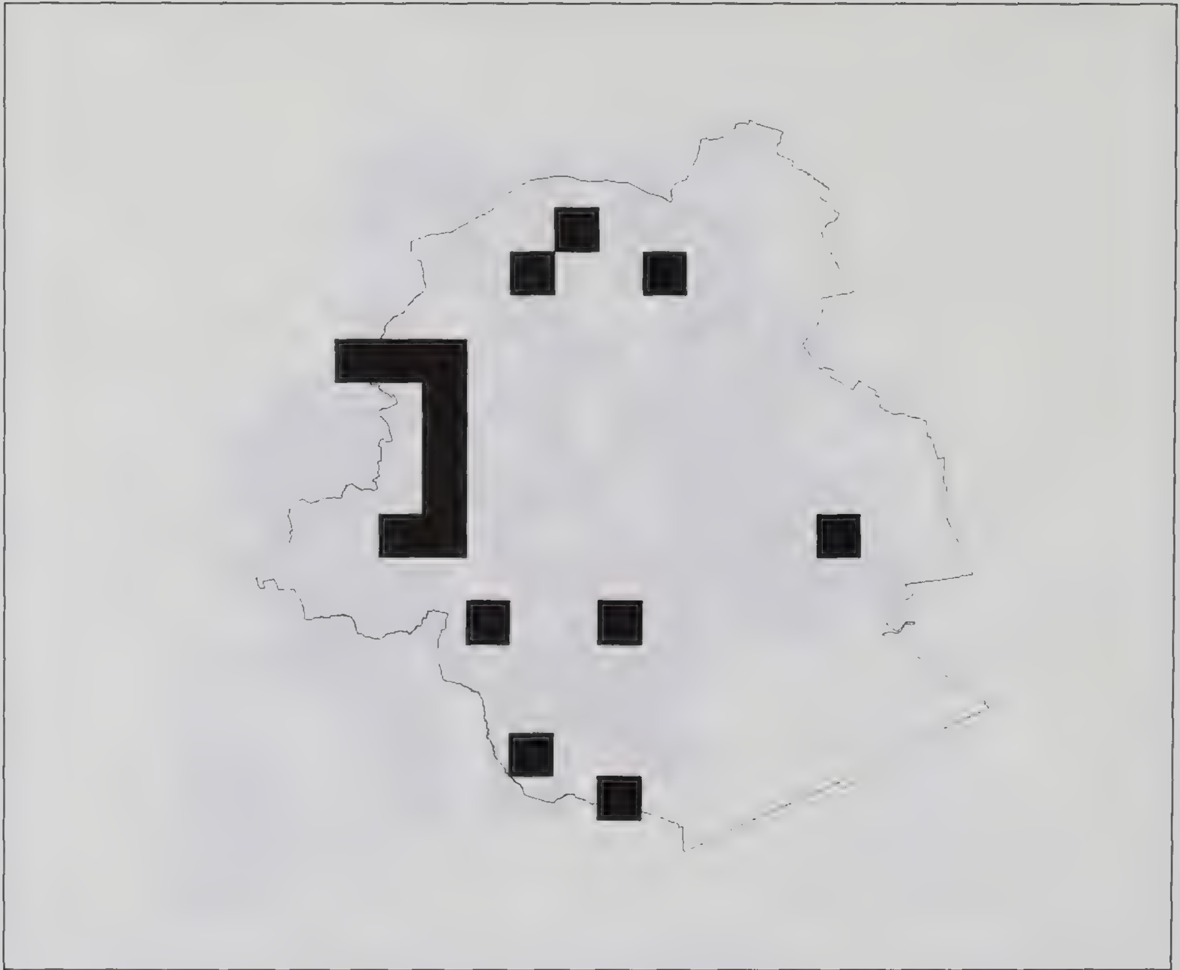
Phaeophyscia orbicularis



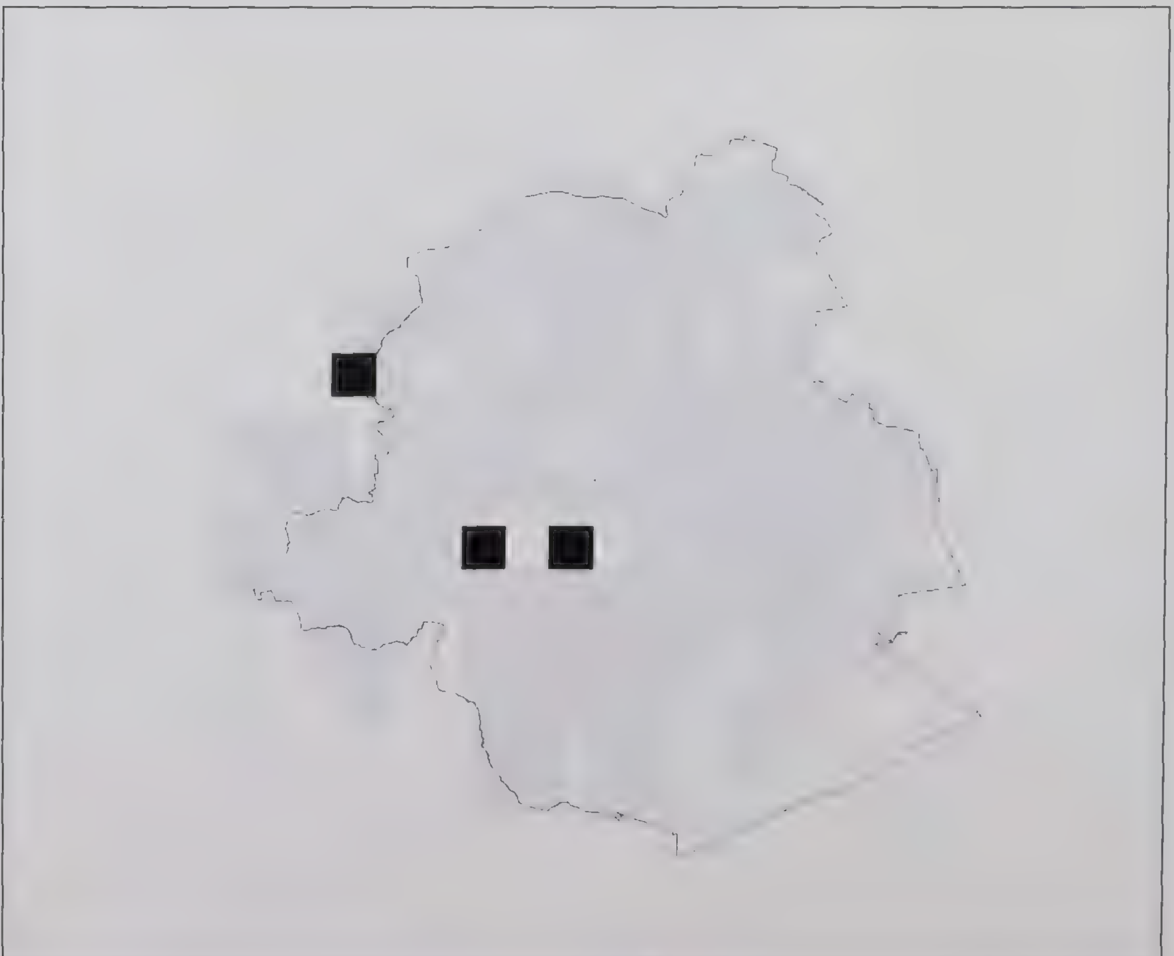
Physcia adscendens



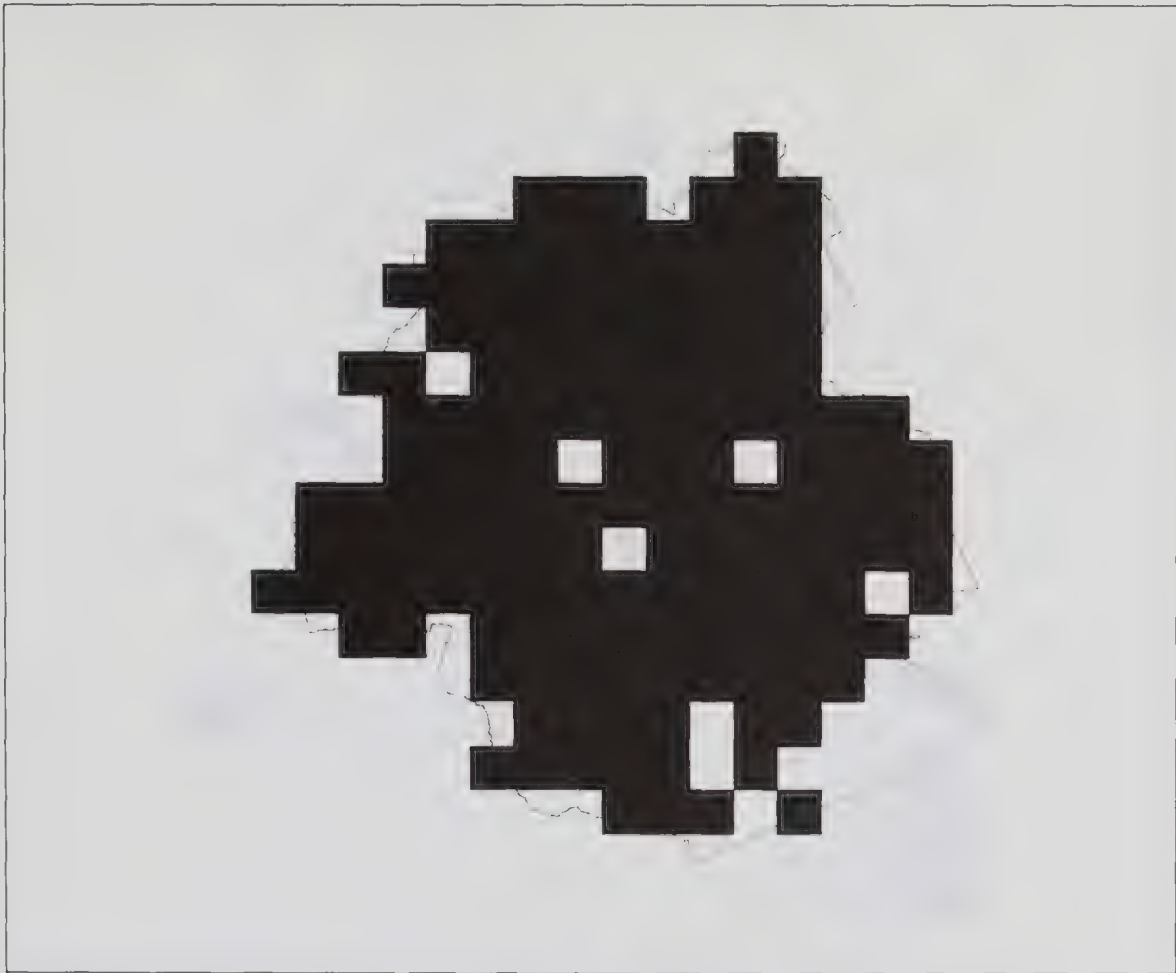
Physcia caesia



Physcia dubia var. dubia



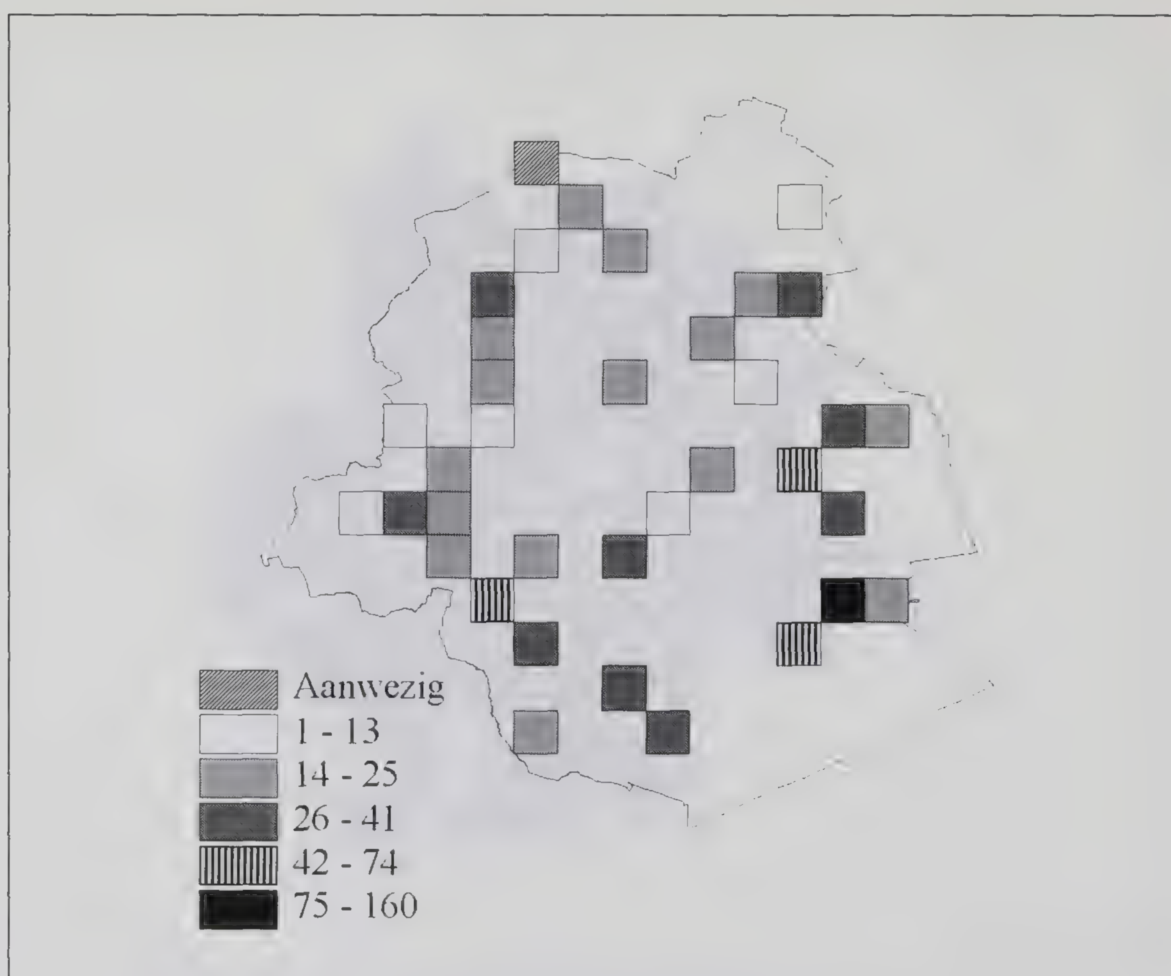
Physcia stellaris



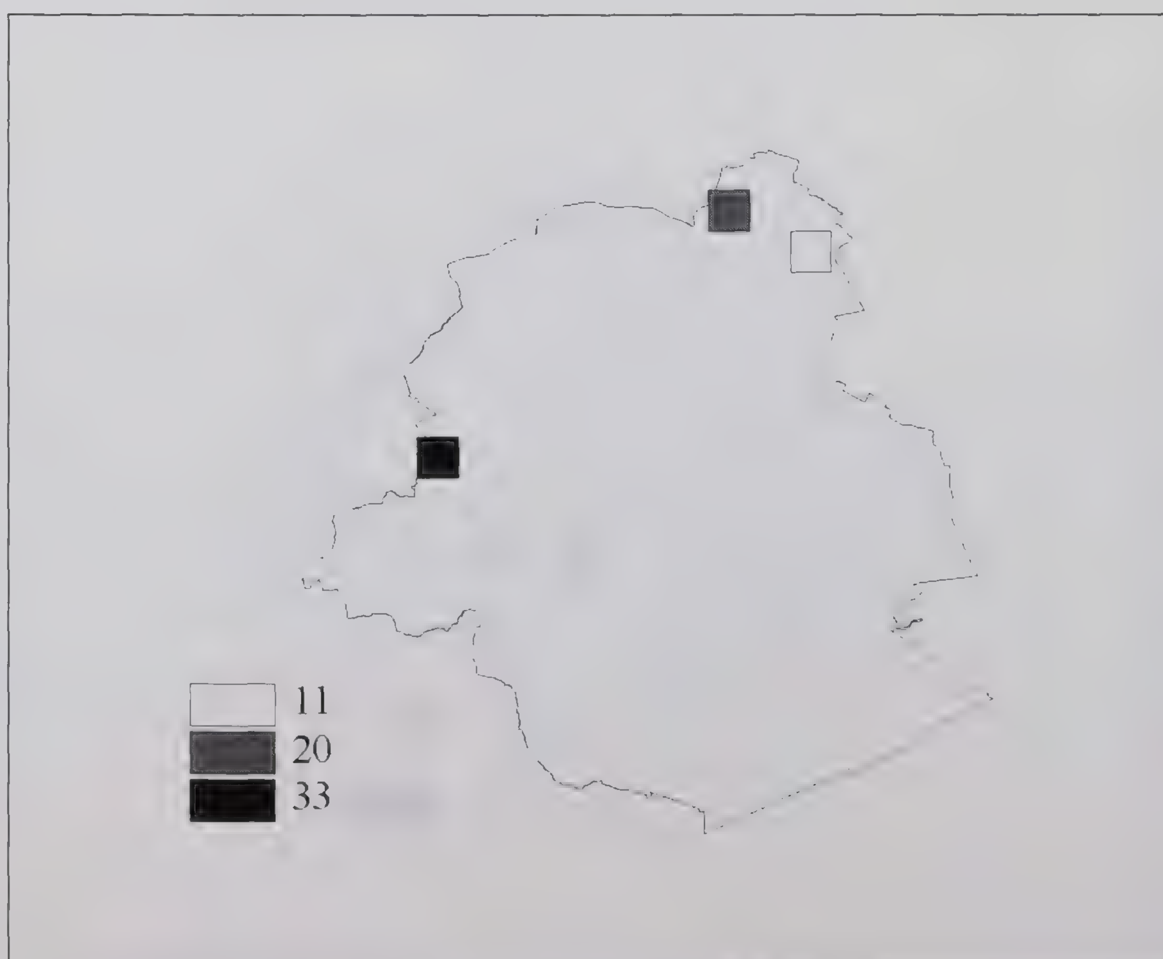
Physcia tenella



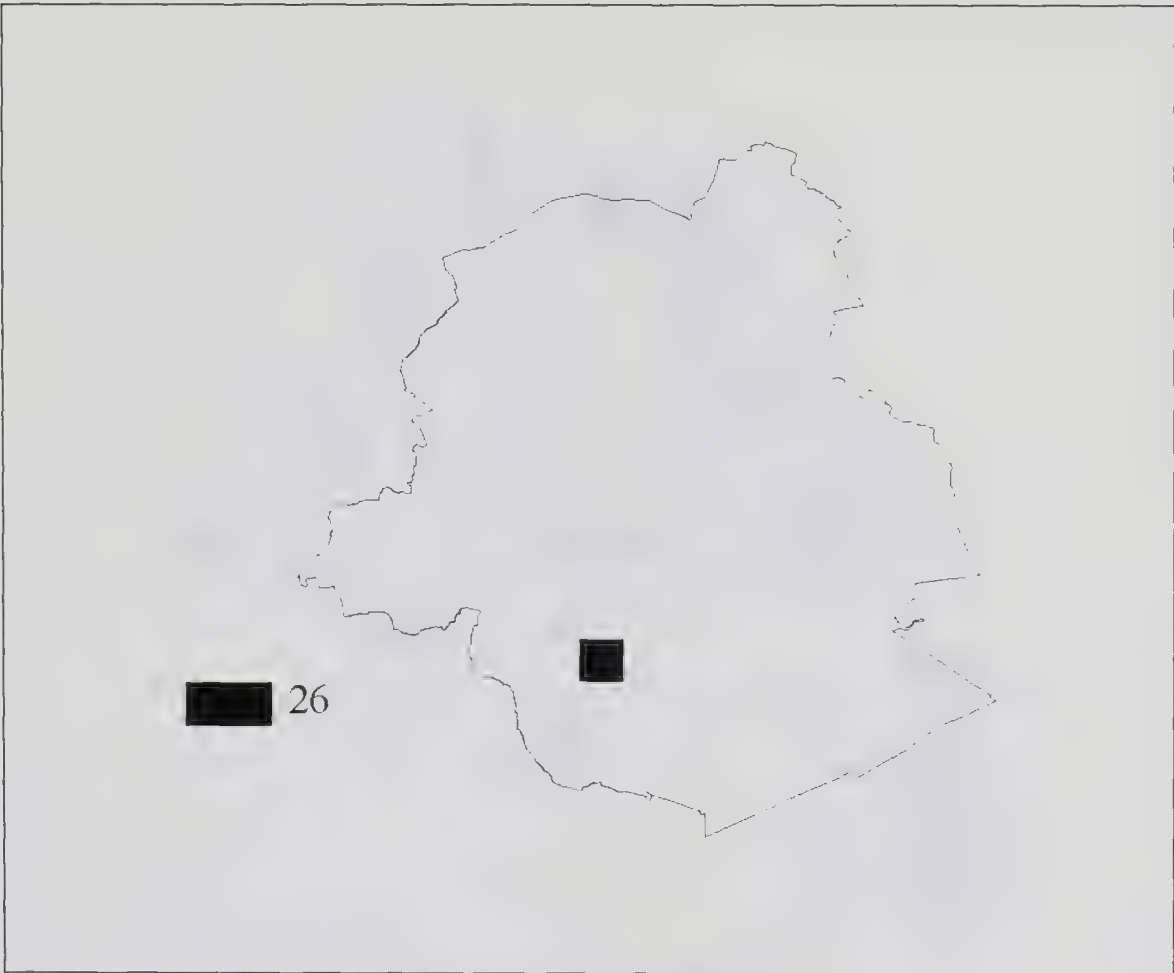
Platismatia glauca



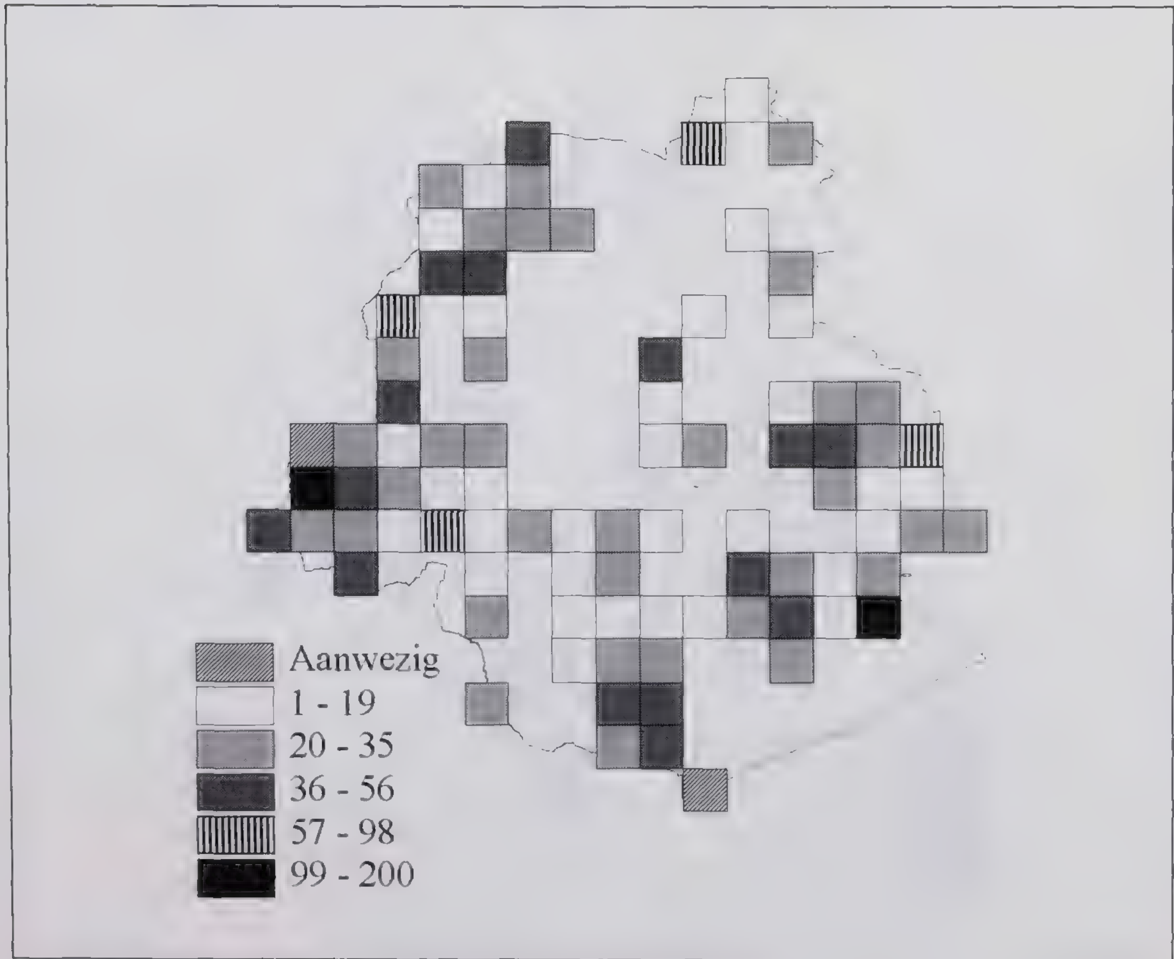
Physconia grisea



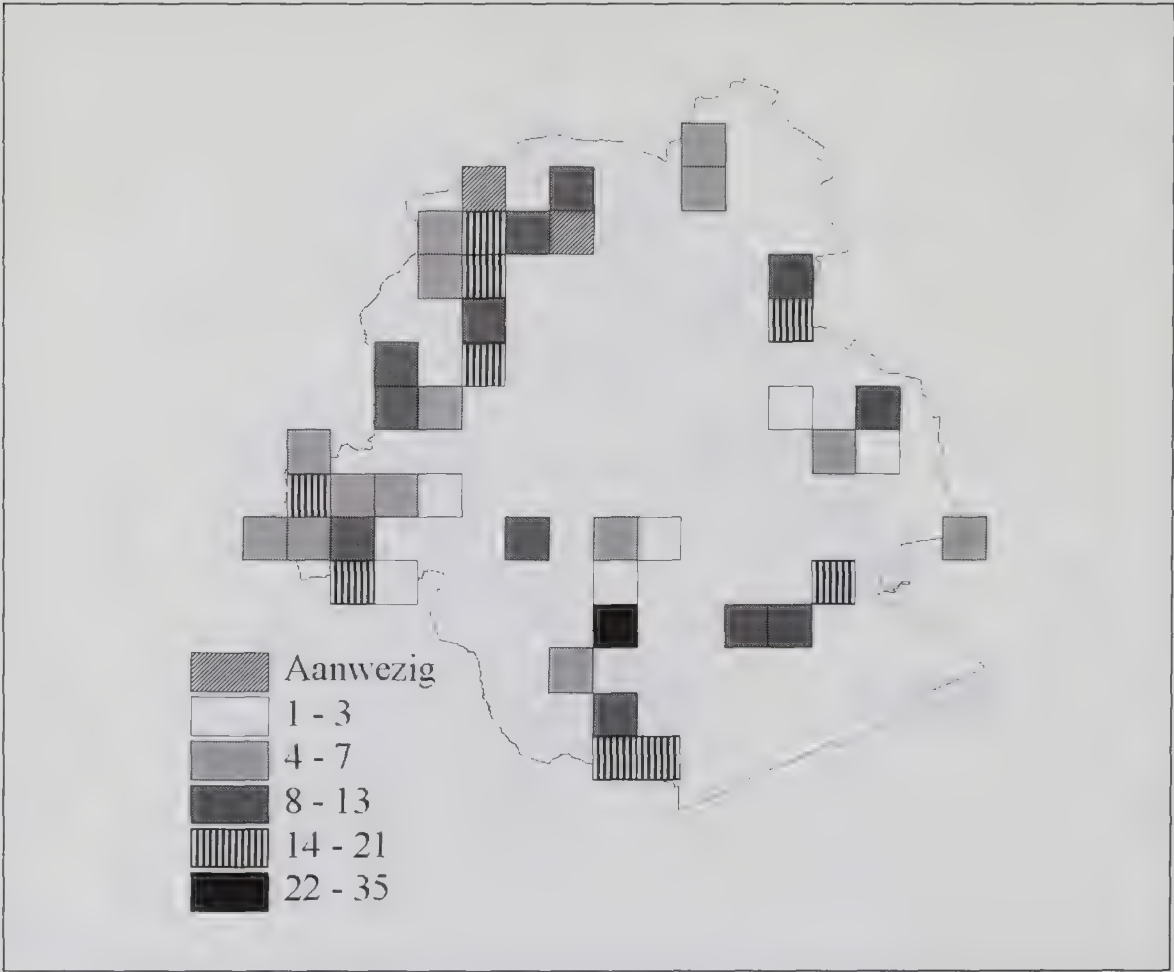
Pleurosticta acetabulum



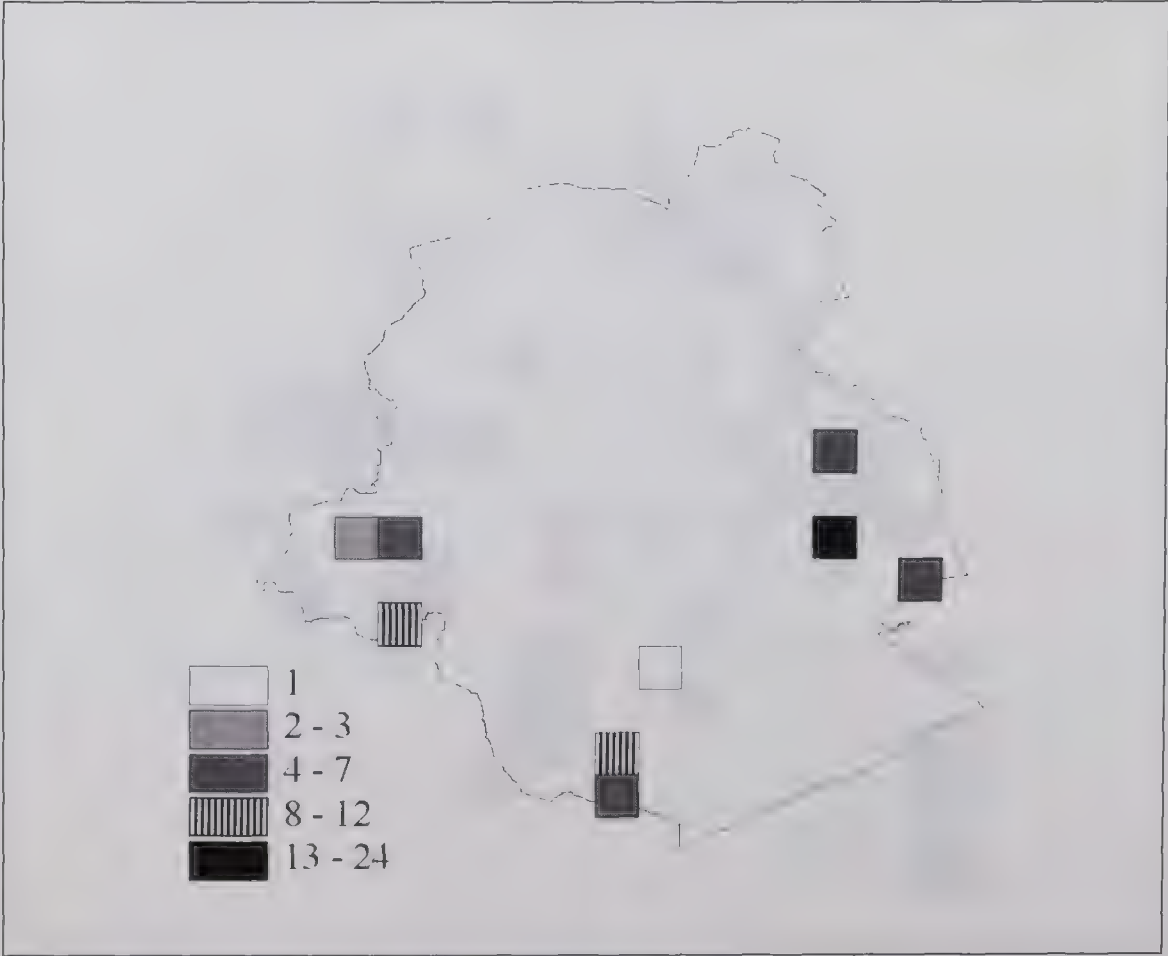
Pseudevernia furfuracea



Punctelia subrudecta



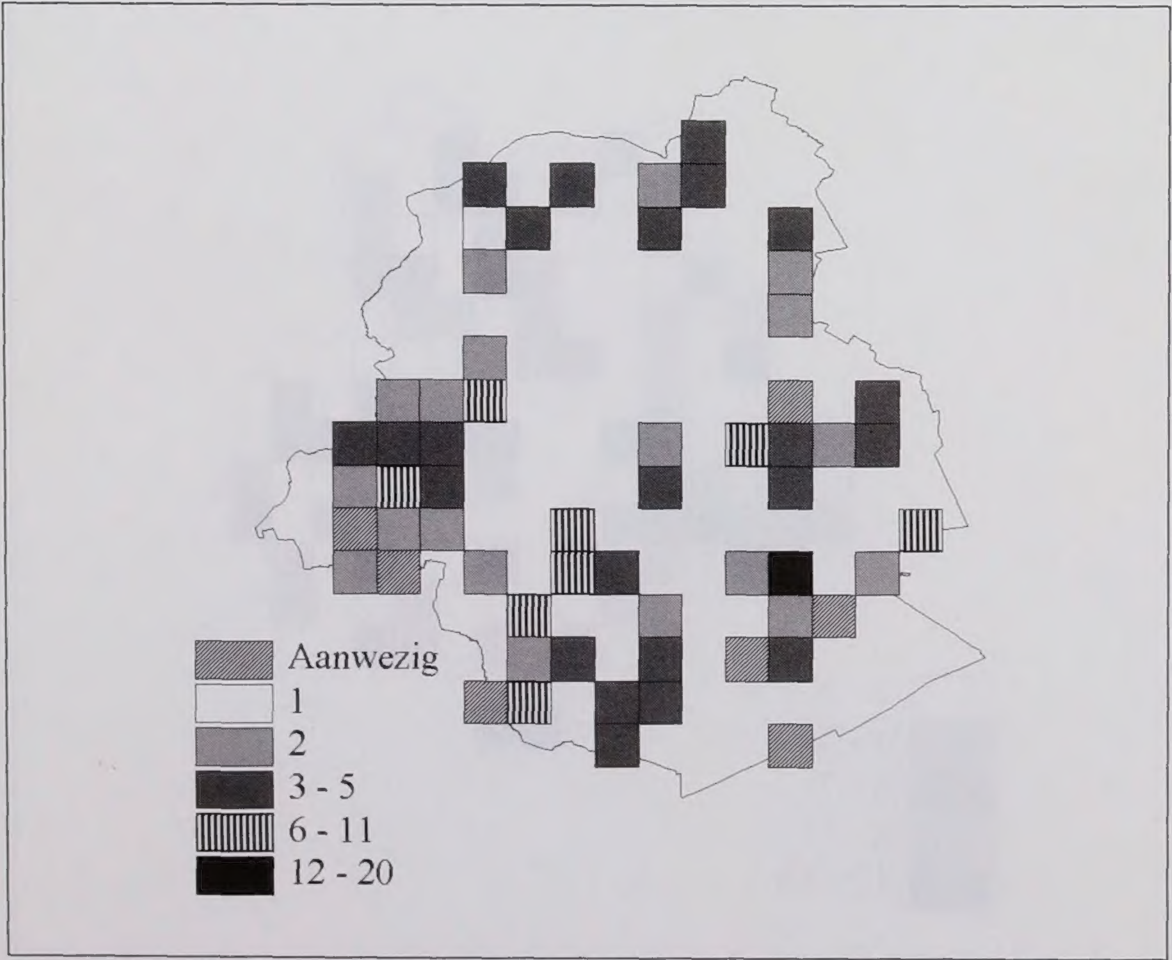
Ramalina farinacea



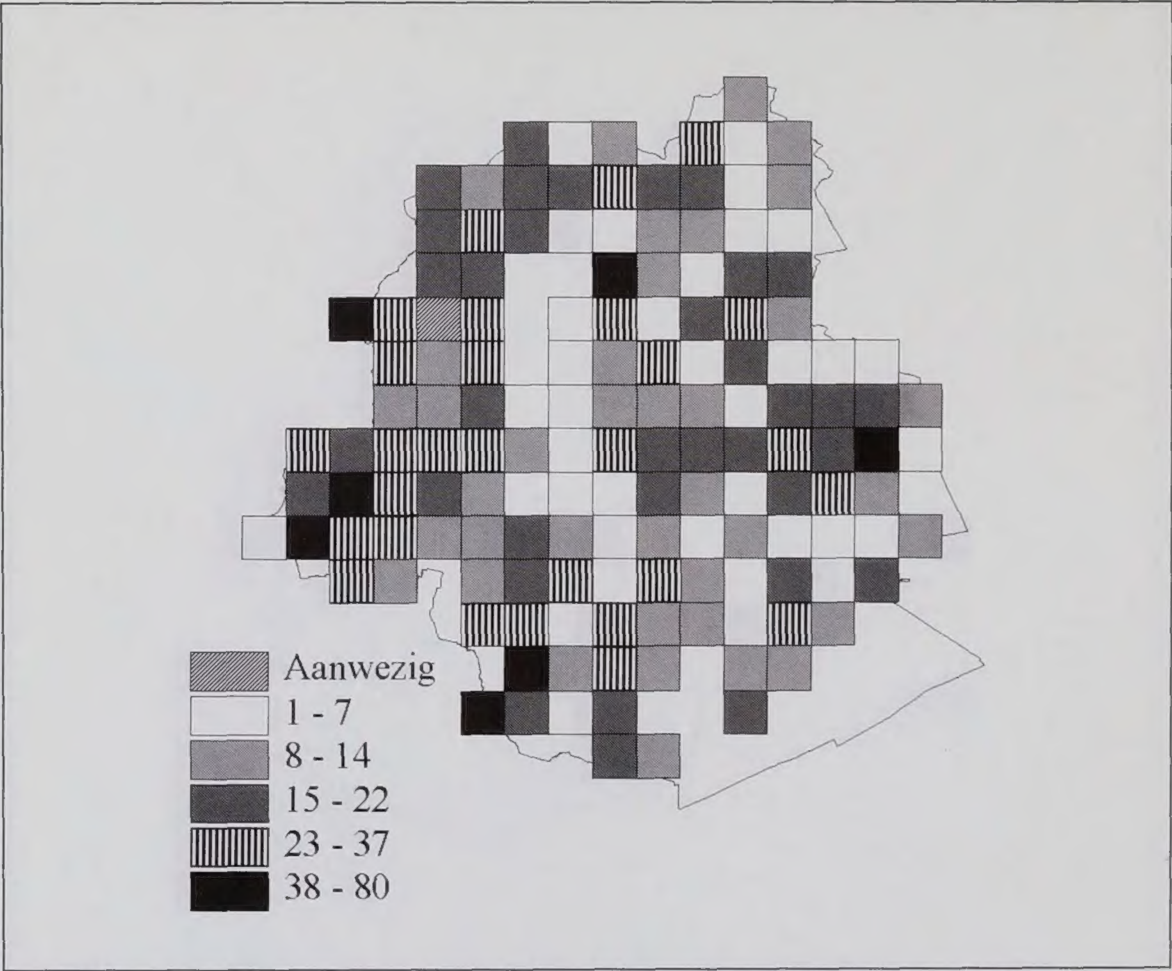
Usnea subfloridana



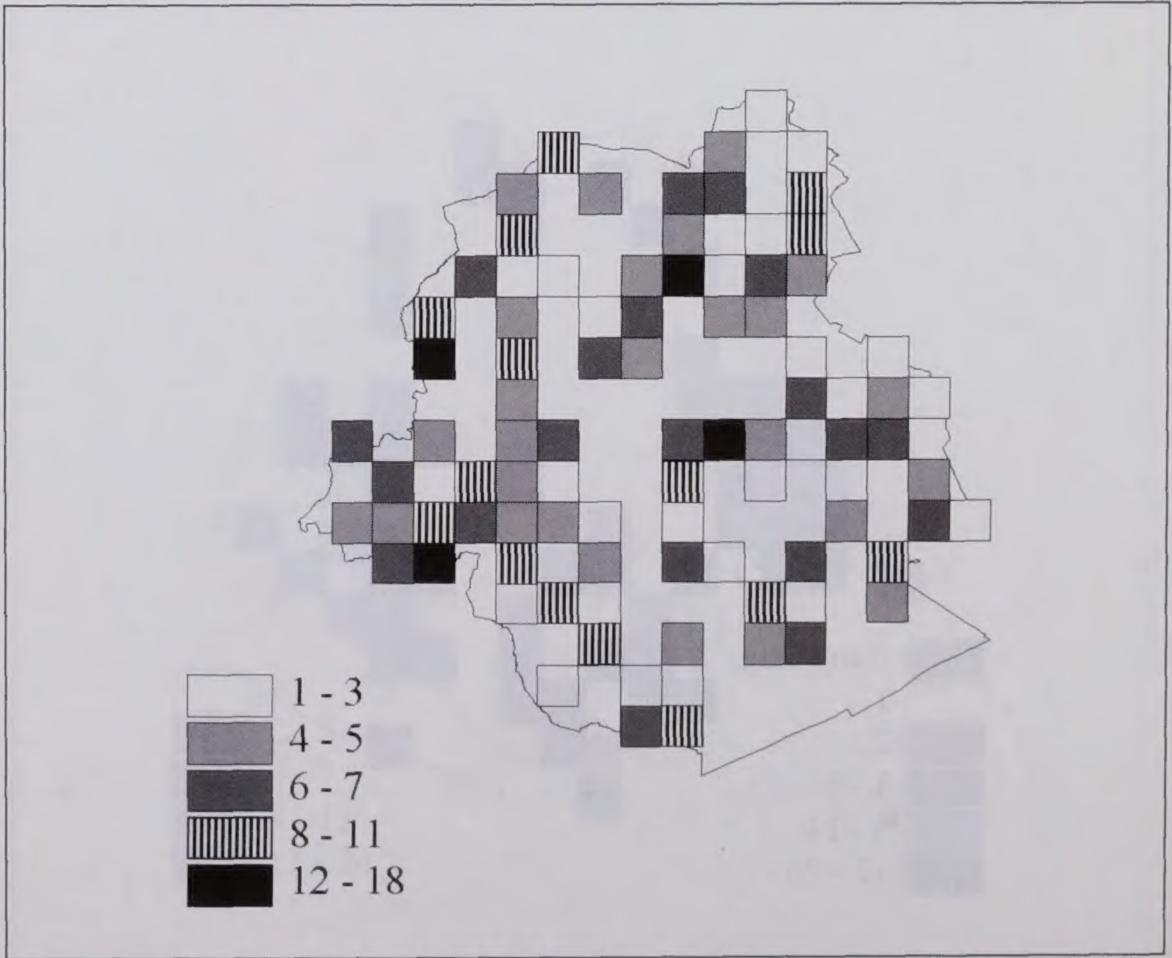
Xanthoria calcicola



Xanthoria candelaria



Xanthoria parietina



Xanthoria polycarpa

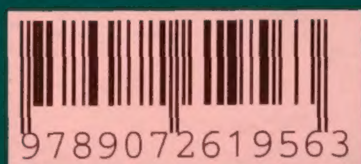
Scripta Botanica Belgica **26**

B. Vanholen

EPIFYTISCHE MACROLICHENEN VAN HET BRUSSELS HOOFDSTEDELIJK GEWEST - ANNO 2000

Recent nog werd Brussel beschouwd als een lichenologische woestijn. Uit historische gegevens is echter bekend dat ooit een weelderige licheenflora voorkwam. Dit onderzoek, uitgevoerd in het jaar 2000, toont aan dat nu in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest 32 soorten macrolichenen voorkomen. Per soort wordt een verspreidingskaart gegeven. Een TWINSPAN-analyse op basis van de soortensamenstelling van de kilometerhokken en een DCA-analyse zijn de basis voor de discussie, die vergelijkingen maakt met andere stedelijke gebieden in Europa.

Bert Vanholen (licentiaat in de Biologie aan de Universitaire Instelling Antwerpen 1998) was twee jaar wetenschappelijk medewerker aan de Nationale Plantentuin van België, waar hij betrokken was in onderzoek over paddestoelen in bossen en lichenen in stadsecosystemen. Later (Instituut voor Natuurbehoud, 2000 tot 2002) specialiseerde hij zich in ecologische netwerken en werkte hij mee aan NATURA 2000. Sindsdien is hij verantwoordelijk voor het beheer van de Vlaamse natuurreservaten en militaire domeinen van Limburg (Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, AMINAL, afdeling Natuur te Hasselt).



ISBN 90-72619-56-0
ISSN 0779-2387
D / 2003 / 0325 / 3